

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA

FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

PAR

Georges BIGOTTE

- 1^{re} THÈSE.** — Contribution à la géologie du Bassin du Niari
Sédimentologie et métallogénie de la région minière.
- 2^e THÈSE.** — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 7 janvier 1956 devant la Commission d'examen.

MM. M. ROUBAULT, *Président*
M. C. DELATTRE } *examineurs*
M. J. AVIAS }
M. LETORT, *invité*
G. MILLOT, *invité*.

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

Service de Documentation

1955

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA

FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

PAR

Georges BIGOTTE

- 1^{re} THÈSE.** — Contribution à la géologie du Bassin du Niari
Sédimentologie et métallogénie de la région minière.
- 2^e THÈSE.** — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 7 janvier 1956 devant la Commission d'examen.

MM. M. ROUBAULT, *Président*
M. C. DELATTRE } *examinateurs*
M. J. AVIAS }
M. LETORT, *invité*
G. MILLOT, *invité.*



COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

Service de Documentation

1955



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555802_0005

UNIVERSITE DE NANCY - Faculté des Sciences

DOYEN M. URION

ASSESSEUR M. ECHEVIN

DOYENS HONORAIRES MM. HUSSON et CORNUBERT

PROFESSEURS HONORAIRES MM. DARMOIS (E.), GUTTON, CROZE, DARMOIS (G.),
RAYBAUD, FALLOT, LAFFITTE, LERAY, HUSSON,
MAUDUIT, DONZELOT, JOLY, LAPORTE, EICHORN,
CAPELLE.

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES MM. RAUX, LIENHART.

PROFESSEURS

CORNUBERT	Chimie organique.	VEILLET	Biologie animale.
LONGGHAMBON	Minéralogie.	ECHEVIN	Botanique.
De MALLEMANN	Physique.	WAHL	Chimie organique et industrielle.
CHEVALLIER	Physique.	BARRIOL	Chimie théorique.
URION	Chimie biologique.	OLMER	Physique appliquée.
DELSARTE	Analyse supérieure.	BIZETTE	Physique.
REMY	Zoologie.	GUILLIEN	Physique.
ROUBAULT	Géologie.	BOLFA	Minéralogie.
LETORT	Chimie minérale.	CHAPELLE	Physique.
GUERIN	Chimie industrielle.		
GIBERT	Génie chimique.		
GAUTHIER	Mathématique appliquées.		
DODE	Chimie physique et électrochimie.		

MAITRES DE CONFERENCES

LEGRAS	Mathématiques.	DUVAL	Chimie.
AUBRY	Chimie.	FAIVRE	Physique de l'état métallique.
WERNER	Botanique.	FRUHLING	Radiotechnique.
BESSON	Chimie minérale.	AVIAS	Géologie de la Lorraine.
DAVID	Chimie biologique.	GAYET	Physiologie.
COMOLET	Mécanique physique.	DELATTRE	Géochimie.
BRUHAT	Mécanique rationnelle.	MANGENOT	Phytopathologie.
HERVE	Calcul différentiel et intégral.	COPPENS	Radiogéologie.
LIONS	Méthodes mathémati- ques de la physique.	NICLAUSE	Génie chimique.
		GARNIER	Agronomie.

Secrétaire M. LAPOINTE.

CONTRIBUTION A LA GEOLOGIE DU BASSIN DU NIARI

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE ET METALLOGENIQUE DE LA REGION MINIERE

"Chaque explication a ses limites qu'il faut déterminer, car la valeur d'un concept est étroitement liée au domaine pour la compréhension duquel il a été créé".

Colloque international de
C.E. WEGMANN - Pétrographie - Nancy - 1955

Ce travail constitue la mise au point d'une partie des recherches que j'ai eu l'occasion de poursuivre au Moyen-Congo français (A.E.F.) pour le compte du Commissariat à l'Energie atomique (C.E.A.).

De 1948 à 1954, cet organisme a poursuivi un intense effort de prospection sur le bassin minéralisé du Niari. Bien qu'aucune découverte rentable n'ait été faite, de nombreux résultats partiels de tous ordres ont été obtenus dans cette région ; sur le plan scientifique, nos levés géologiques et topographiques ont déjà été largement utilisés.

Ayant pu suivre la plus grande partie de ces travaux du 8 septembre 1949 au 10 septembre 1954, j'ai ramené en France de nombreux échantillons et je les ai étudiés à l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie Appliquée et de Prospection Minière de Nancy (E.N.S.G.) au cours de l'année 1955.

1°) SUJET -

Avant de présenter le plan de ce mémoire, je ne crois pas inutile de retracer brièvement comment s'en est formé le sujet.

Nous cherchions l'uranium. Les premiers indices trouvés dans le bassin du Niari se trouvaient être des chapeaux de fer radioactifs, de dimensions inhabi-

tuelles. Dès le départ, je dus aborder le problème que posaient ces chapeaux, sur les plans géologique et métallogénique.

Il se révéla si complexe et si difficile qu'il devint nécessaire d'approfondir d'abord les études locales de géologie, aussi bien la stratigraphie que la tectonique. Je fus ainsi amené à examiner de très près les couches supérieures du Schisto-calcaire, d'âge précambrien, ce qui mena ultérieurement à l'étude sédimentologique donnée ici en première partie.

De même, il fallut connaître mieux les matériaux dont dérivaien^t les chapeaux de fer, et les minerais non oxydés eux-mêmes, que les travaux miniers mettaient à jour en avançant : leur étude constitue la deuxième partie de ce mémoire. La question des chapeaux de fer posée au début est à peine esquissée, car je dois dire qu'aucune des recherches entreprises à ce sujet ne m'a donné de résultat de valeur générale. Il m'apparaît d'ailleurs que la diversité des disciplines à rassembler pour avancer vraiment dans ce domaine, exige qu'il soit abordé par une équipe de chercheurs plutôt que par un seul. Ceci est d'ailleurs vrai pour la plupart des problèmes de la science moderne.

2°) PLAN -

Cet ouvrage comprend donc deux parties :

Une étude pétrographique et stratigraphique détaillée des couches supérieures du Schisto-calcaire du Moyen-Congo (étage SC III) qui mène à des considérations sédimentologiques, et une étude métallogénique des minerais du bassin du Niari, qui conduit à un essai théorique sur la métallogénie congolaise.

Ces deux parties sont précédées d'une Introduction destinée à en situer le sujet ; car bien que de très nombreux travaux aient été effectués sur ces régions, dont beaucoup ne sont pas publiés, on doit dire que les connaissances correspondantes sont assez peu répandues. L'Introduction cherche donc à en donner un résumé, certes incomplet et schématique, mais suffisant pour comprendre les deux parties principales.

Pour chacune d'elles, j'ai essayé de séparer le mieux possible les faits des interprétations.

Dans la première, après une revue critique des méthodes d'études employées on trouvera d'abord l'inventaire pétrographique des roches de l'étage SC III ; les interprétations sédimentologiques limitées qu'on peut en tirer viennent ensuite, suivies de données stratigraphiques. Ceci n'étant valable que pour un domaine très limité, celui de Boko-Songo, j'en envisage l'extension à l'échelle régionale.

Afin de compléter la connaissance du SC III, je présente alors une étude structurale ou des descriptions précises de faits conduisent à un essai d'explication tectonique.

Cette première partie se termine avec un résumé et des tableaux de données analytiques en annexe.

La seconde partie est divisée plus simplement. La description des faits comprend d'abord un inventaire des points minéralisés connus dans le bassin du Niari, avec une description succincte. Cet inventaire devait à mon sens être fait et publié, malgré l'aspect ingrat de ce travail ; on trouvera ensuite des descriptions plus détaillées de quatre gisements, que j'ai étudiés personnellement en détail.

Les interprétations, dont je réalise pleinement le caractère hypothétique, sont appuyées sur une mise en ordre des caractères généraux de la minéralisation au Niari, qui est ensuite comparée à celles du Katanga (Congo belge) et de Rhodésie du Nord.

Ce dernier chapitre paraîtra peut-être plus "hésitant" que les précédents ; cela traduit, je crois, l'ignorance plus grande dans laquelle nous nous trouvons en métallogénie par rapport aux autres branches de la géologie ; là, on se sent encore moins autorisé à affirmer, on est sollicité par des théories d'ensemble complètement opposées, alors que les faits semblent souvent se placer à mi-chemin...

Au cours de l'ouvrage, bien des questions seront soulevées et non traitées. Certaines ont, il me semble, un très grand intérêt et leur étude devra être entreprise un jour ou l'autre ; ce sont surtout :

- le problème des chapeaux de fer (cf. p. 199)
- la physico-chimie des solutions et pseudo-solutions complexes de silice et d'ions métalliques (p. 219)
- les corrélations entre les teneurs en magnésium des roches et leur minéralisation (p. 190)
- la porosité des roches encaissantes (p. 218)
- les traces métalliques que peuvent contenir les roches encaissantes stériles (p. 218)
- la stabilité des compositions isotopiques au cours de mises en solution et de recristallisations successives, ou bien au cours de diffusions ioniques (p. 211)
- la paléogéographie de l'étage SC III, inscrite dans celle de tout le Schisto-calcaire (p. 76)
- les raisons pour lesquelles les calcaires peuvent contenir des impuretés en quantité quelconque, alors que les dolomies sont toujours relativement pures (p. 29 et 39)

- l'écologie des algues anciennes, la question des Stromatolites
- la silicification des affleurements en zone intertropicale (p. 26).

Je signalerai enfin très brièvement les quelques résultats partiels de ce travail qui en débordent le cadre :

- a)- l'étude des oolites de la base du SC III, oolites dites de Kisantu a montré qu'elles étaient formées de talc ; on a là, à ma connaissance, le premier exemple de talc d'origine certainement sédimentaire diagénétique.
- b)- La sédimentologie du SC III montre que cet étage a un caractère nettement transgressif ; la coupure Schisto-calcaire - Schisto-gréseux correspond à un événement extérieur au milieu de sédimentation, qui a modifié la nature des apports ; au contraire les caractères physiques du bassin de sédimentation ont été peu modifiés à ce moment.
- c)- Le mispickel, des arséniures de cobalt et des minéraux d'uranium existent au Niari, ce qui conduit à rapprocher encore plus ces minerais de ceux du Katanga.

3°) BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie donnée à la fin du mémoire ne contient que les ouvrages auxquels se réfère exactement le texte.

Je signalerai au passage les sources plus générales de documentation auxquelles le lecteur pourrait se reporter.

Elle comprend un certain nombre de rapports inédits. Je crois en effet indispensable de les citer : bien des faits, bien des idées originales s'y trouvent souvent consignés, qui n'ont pu être ultérieurement publiés. Ceci est particulièrement vrai au Moyen-Congo et dans les pays d'Outre-Mer en général, où le renouvellement fréquent du personnel nuit beaucoup à la transmission et à l'accumulation des connaissances. Que de travaux ont été recommencés inutilement ! Qu'on me permette à ce sujet de souligner l'importance pratique de deux observations :

- l'archivage est une chose essentielle Outre-Mer, auquel on doit consacrer temps et argent beaucoup mieux qu'on est habitué de le faire.

- il faut lire mieux et plus souvent les anciens auteurs : en Afrique, à la période de découverte, des hommes tels que V. BRIEN ou M. BARRAT, ou DELHAYE et SLUYS ont fait des observations géologiques du plus haut intérêt pour nous, car ils voyaient les choses à une échelle générale qui n'est plus guère possible aujourd'hui.

4°) REMARQUES GENERALES -

Dans ce genre d'études, la notion d'échelle de grandeur me semble revêtir une particulière importance. On devrait pouvoir observer certaines règles logiques "d'ordre de grandeur" lorsque l'on passe des observations aux interprétations. Certes, il faut faire des études de détail : le microscope, les analyses de traces sont les instruments modernes de la recherche géologique, mais l'effort de synthèse pour remonter aux hypothèses d'ensemble est de plus en plus difficile et on n'est pas toujours sûr, en le faisant, de rester dans les limites strictes d'une logique rigoureuse.

La généralisation, en s'étendant, néglige toujours plus de faits et on aimerait bien disposer de règles précises pour savoir comment exactement cette négligence est légitime. Cette idée, par ailleurs banale, est un des soucis majeur l'ordre général que j'ai rencontré au cours de ce travail.

A quelques discussions de détail près, il s'agit ici de terrains situés à la limite des étages stratigraphiquement datés et du Précambrien.- L'intérêt général de l'étude de ces couches a été récemment souligné par H.M.E. SCHÜRMAN (1954) :

Les terrains azoïques stratifiés occupent sur le globe 25 pour cent des surfaces solides et représentent 75 pour cent de la durée de l'histoire de la Terre. Près de la moitié est peu ou pas métamorphique ; elle a pourtant été très peu étudiée et c'est regrettable.

Je rapprocherai ces remarques d'une idée due à l'astronome américain UREY : sur le plan astrophysique, il est très probable que d'importants événements ont dû survenir dans l'histoire de la Terre il y a environ 600 millions d'années (c'est-à-dire au sommet du Précambrien) : entre autres, il se pourrait que la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère ait beaucoup changé et que par conséquent toute la physico-chimie des phénomènes de sédimentation ait été modifiée. Le problème des Causes Actuelles se pose avec plus de force encore au Précambrien; il me semble que la face de la Terre était à cette époque bien différente de ce qu'elle est aujourd'hui. Il faudrait peut-être s'en souvenir mieux, en particulier à propos des théories métallogéniques.

5°) DETAILS -

- Tous les échantillons décrits dans ce travail sont, sauf mention spéciale, archivés à l'E.N.S.G. de Nancy. Le repérage en a été fait soigneusement afin qu'il soit possible à n'importe quel moment de s'y reporter. Ceci me semble indispensable autant pour d'éventuels contrôles que pour reprendre des études ultérieures.

- Autant que possible, j'ai cherché dans le texte à éviter les noms d'une spécialisation trop étroite, quitte à les remplacer par des expressions plus lourdes. J'ai adopté une orthographe simplifiée pour les mots stromatolite, oolite etc...

De même les noms des minéraux ont été uniformément affectés du suffixe ITE à la place de INE, pour régulariser un usage que je trouve assez irrationnel (chalcosine - erubescite etc..)

- Les illustrations photographiques ont été groupées à la fin du texte en 21 planches annexes.

D'autre part, sont disposés en hors-texte les documents suivants :

- la carte géologique en couleur au 1/500 000 de la région Brazzaville - Pointe-Noire de la Direction des Mines et de la Géologie de l'A.E.F. Cette carte est indispensable à la compréhension du texte et je remercie la D.M.G. A.E.F. de m'avoir permis de l'utiliser,
- une carte géologique au 1/10 000 en noir de la zone minéralisée de Boko-Songo,
- quatre coupes stratigraphiques détaillées avec microphotographies, relatives à la première partie.
- sauf indication contraire, tous les plans et cartes sont orientés au Nord géographique.

6°) REMERCIEMENTS -

J'exprime ici mes plus vifs sentiments de gratitude à tous ceux grâce auxquels j'ai pu faire ce travail.

Le Professeur Marcel ROUBAULT en a été le Directeur. D'abord mon Maître à l'Université, puis mon Patron au C.E.A. il a suggéré et dirigé ces études, m'a permis de les faire et finalement m'a donné les moyens matériels de les mettre au point dans les laboratoires de Nancy.

J'ai pour lui plus que l'affection d'un disciple.

Le Professeur G. MILLOT a accepté, dans des circonstances difficiles, de suivre et guider mon travail à Nancy ; il m'a évité bien des erreurs et apporté des critiques et des idées constructives. C'est grâce à lui aussi qu'ont été entrepris à l'E.N.S.G. les analyses chimiques et les déterminations aux rayons X que Mme BONIFAS a effectuées pour moi.

Le Professeur L. CAHEN, de Bruxelles, m'a fourni une importante documentation sur le Congo belge et la question essentielle des âges absolus ; il m'a fait bénéficier d'entretiens passionnants sur ces sujets, dont il est un des

meilleurs experts.

Le Professeur E. RAGUIN a bien voulu aussi discuter mon texte et me prodiguer ses conseils.

A propos des chapeaux de fer, j'ai profité d'utiles avis de M. AUBERT de l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer (O.R.S.O.M.).

Mes supérieurs au C.E.A. m'ont apporté un soutien matériel et moral sans interruption. La compréhension et l'aide généreuse de ce grand organisme industriel, qui assure l'impression de ce mémoire pour un travail surtout théorique, peut, me semble-t-il, être cité en modèle. MM. MABILE - LECOQ - LENOBLE - GANGLOFF - GOUA - COTTINEAU - BERNAZEAUD en ont été les artisans.

J'ai trouvé, tant chez mes camarades de Nancy que chez mes collègues du C.E.A. ou d'ailleurs une aide dévouée, désintéressée et efficace. Je dois beaucoup sur le plan scientifique à MM. BERNARD et GEFFROY et sur le plan matériel à M. BERNAZEAUD.- Je ne peux nommer ici tous ceux qui de près ou de loin m'ont apporté une aide dont je les remercie très chaleureusement, tels MM. D.REYRE, G. SADLAN - P. DELATTRE - J. AVIAS - G. HEURTEBIZE - MENAERT - BAUER - R.COULOMB - R. COLLIN - A. CARLIER - J. HINAULT - P. DUCLOS - J. et G. GERARD - J. COSSON - M. NICKLES.

Les Congolais GARA Pascal et VOUENZE Philippe ont contribué à la réalisation respectivement des plaques-minces et sections polies et des plans et dessins.

Les organismes miniers qui travaillent au Niari ont bien voulu m'autoriser à utiliser leurs travaux, leurs échantillons et à publier des résultats provenant de leurs domaines. Ce sont : le Bureau Minier de la France d'Outre-Mer (Bumifom), la Société Minière et Métallurgique de Pennaroya (S.M.M.P.) et la Compagnie Minière du Congo Français (C.M.C.F.), pour un syndicat desquels j'ai eu l'occasion de travailler, le Syndicat Bamoko enfin au Congo Belge. Que leurs dirigeants trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

T A B L E D E S M A T I E R E S

	Pages
<u>AVANT-PROPOS</u>	I
<u>TABLE DES MATIERES</u>	VIII
<u>TABLE DES ILLUSTRATIONS</u>	XV
 <u>INTRODUCTION : GENERALITES</u>	 1
 A - <u>Cadre géographique et géomorphologique</u> -	 1
1°) Modelé	1
2°) Climat	4
3°) Hydrographie	4
4°) Géomorphologie	4
 B - <u>Historique des travaux de recherches à Boko-Songo</u> -	 6
 C - <u>Cadre géologique</u> -	 8
1°) Le bassin du Niari dans la géologie congolaise	8
a) Stratigraphie générale	10
1) Age absolu	10
2) Corrélation avec le Katanga	12
3) Corrélations Niari-Bas-Congo belge	12
b) Structure	13
2°) Esquisse géologique du bassin du Niari	15
a) Coupe Banda-Kayes-Boko-Songo-Niari, description des différents étages	16
b) Histoire du dépôt	21
c) Histoire tectonique	22
3°) Résumé	24

PREMIERE PARTIE : STRATIGRAPHIE ET PETROGRAPHIE DE L'ETAGE SUPERIEUR DU

<u>SCHISTO-CALCAIRE</u>	25
-------------------------------	----

<u>CHAPITRE I : L'ETAGE SC III A BOKO-SONGO</u>	26
---	----

<u>A - Méthodes d'étude</u> -	28
-------------------------------------	----

1°) Examen microscopique	28
2°) Examen microscopique	30
3°) Analyse physico-chimique	30
4°) Analyse chimique	31
a) Méthode MORET	31
b) Méthode au versénate	34
c) Comparaison des deux méthodes	35
d) Matière organique	36

<u>B - Description des principaux types de roches rencontrées</u> -	36
---	----

1°) Roches surtout argileuse	37
a) Schistes carbonatés	37
b) Brèches sédimentaires	37
2°) Roches surtout carbonatées	38
a) Calcaire	38
b) Calcaire impur	39
c) Dolomie foncée cristalline	39
d) Dolomie claire cryptocristalline	40
e) Dolomie en plaquettes	41
f) Brèches sédimentaires	41
3°) Roches contenant des sulfates	42
a) Dolomie à anhydrite interstratifiée	42
b) Dolomie à gypse et anhydrite mélangés	43
c) Anhydrite et gypse purs	43
4°) Roches organogènes	43
a) Microbrèches alguaires	43
b) Stromatolites	44
5°) Roches oolitiques	44
a) Oolites carbonatées	45
b) Oolites siliceuses	45

6°) Dépôts géodiques de palygorskite	46
 C - <u>Problèmes soulevés par les conditions de genèse du SC III</u>	48
1°) Les problèmes de diagenèse : dolomitisation et silicification	48
2°) Problème des évaporites : gypse et anhydrite	50
3°) Problème des oolites	52
a) Oolites carbonatées	52
b) Oolites talqueuses	54
c) Indications tirées de l'étude de oolites	56
4°) Problème des "détritiques"	57
a) Quartz	57
b) Silicates	57
c) Matière organique	58
5°) Problème des restes organisés	59
a) Stromatolites	60
b) Microbrèches alguaires	60
6°) Conclusion : données acquises sur le milieu de genèse des roches du SC III	61
 D - <u>Les coupes relevées et l'échelle stratigraphique adoptée pour le SC III</u> à Boko-Songo	63
1°) Coupe du puits et coupe, S.15	65
2°) Suite coupe du puits et sondage 60	67
3°) Echelle stratigraphique du SC III à Boko-Songo	67
a) Puissance	67
b) Subdivisions	67
c) Méthode Lombard	69
d) Base du SC III	69
e) Sommet du SC III	70
 <u>CHAPITRE II : L'ETAGE SC III (C 5) A L'ECHELLE REGIONALE</u>	72
 A - <u>Stratigraphie régionale</u> -.....	72

B - <u>Relations du SC III avec les formations voisines au toit et au mur</u> ...	76
1°) Contact avec le SC III	76
2°) Contact avec le Schisto-gréseux	77
 <u>CHAPITRE III : TECTONIQUE</u>	79
A - <u>Analyse tectonique de quelques accidents de la cuvette de Boko-Songo</u>	79
1°) Observations en surface	82
a) Direction mayombienne	84
b) Direction combienne	87
c) Direction subméridienne	90
2°) Données fournies par les sondages	91
3°) Données fournies par la géophysique	98
4°) Conclusion : structure de l'accident de Boko-Songo	98
 B - <u>Exemples d'autres structures analogues du bassin du Moyen-Niari</u> -	101
1°) Bord sud-ouest du synclinal du Niari	101
2°) Vallée de la Louvisie orientale	101
3°) Brèche du Niari aux environs de Boko-Songo	103
 C - <u>Essai d'explication</u> -	103
1°) Tectonique de couverture	105
2°) Tectonique du socle	105
 <u>RESUME</u>	109
 <u>ANNEXE : Tableaux de résultats d'analyse</u>	110
 <u>DEUXIEME PARTIE : LES MINERALISATIONS DU BASSIN DU NIARI</u>	123
 <u>CHAPITRE I : LES FAITS D'OBSERVATIONS</u>	124

A - <u>Indices minéralisés connus au Niari, au Bas-Congo Belge et dans le Nord de l'Angola</u>	124
1°) Zone de la boucle du Niari	126
2°) Zone du Moyen-Niari	126
a) Le massif de Kissenga et les plaines qui l'entourent	128
b) La cuvette de Boko-Songo	130
c) Les vallées de la N'Kenké et de la Mounié	134
d) La vallée de la Loutété	138
e) La vallée de la Louvisie occidentale	138
f) Vallées de la Loulombo et de la Louvisie orientale	141
g) Bassin de la Loukouni	143
h) Indices du bassin du Djoué	143
3°) Congo belge et Angola	145
a) Bas-Congo belge	145
b) Angola	147
B - <u>Descriptions détaillées de points particuliers</u>	147
1°) La Grande-Mine	147
a) Affleurements et travaux superficiels	148
1) Grande-Mine sensu stricto	148
2) Blocs intermédiaires entre Grande-Mine et Malembé	150
3) Chapeau de fer de la Malembé	150
b) Les sondages	151
1) Structure de la minéralisation	151
2) Minéralogie du minerai	153
2°) M'Passa	157
a) Généralités	157
b) Etude détaillée de la minéralisation	163
1) Coupe par la recoupe R.27	163
2) Autres points intéressants	169
- cobalt	169
- minéralisation dans les grès	170
- carreau	171

3°) Diangala	172
a) Situation et géologie	172
b) Forme de la minéralisation	173
c) Nature de la minéralisation	175
4°) Djenguilé	176
a) Description des affleurements de surface	179
b) Description des travaux de fouille	180
1) Colline et étang.	180
2) Extension Djenguilé	182
c) Description des galeries	182
d) Description des sondages	186
 <u>CHAPITRE II : INTERPRETATIONS</u>	187
 <u>- Caractères généraux des gîtes du Niari -</u>	187
1°) Aspects géologiques propres	187
a) Caractères tectoniques	187
b) Caractères des roches encaissantes	189
1) Au point de vue physique	189
2) Au point de vue chimique	190
3) Au point de vue pétrographique	191
c) Minéralogie du minerai	192
1) Minéraux hypogènes et de cémentation	194
2) Minéraux d'oxydation	196
3) Minéraux de gangue	197
4) Paragenèse	197
d) Altération supergène	198
1) Cémentation	198
2) Problème des chapeaux de fer	199
- minéralogie	199
- physico-chimie	200
- point de vue économique	201
e) Répartition de la minéralisation.....	202

2°) Aspects géologiques et géographiques relatifs	203
a) Situation géologique régionale	204
b) Tectonique de détail des gisements	204
c) Roches encaissantes	205
d) Minéralogie du minéral	205
e) Phénomènes secondaires	208
f) Age de la minéralisation	208
1) Méthodes de mesure d'âge	208
2) Géochronologie des terrains anciens de l'Afrique	211
g) Résumé	213
3°) Revue des théories génétiques antérieurement proposées pour le bassin du Niari	214
B - <u>Essai métallogénique théorique</u> -	216
1°) Origine épigénétique des minerais	216
2°) Possibilité d'une reprise hydrothermale secondaire	218
3°) Comparaison avec le Copperbelt Katanga-Rhodésie	220
4°) Aspects géochimiques	221
C - <u>Orientation des prospections futures au Niari</u> -	222
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	225

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Fig. n°		Pages
1	Bassin du Niari. Carte de situation 1/2 000 000	2
2	Photographie aérienne de la Cuvette de Boko-Songo	4
3	Bassins du Niari et du Bas-Congo (géologie) 1/2 000 000	9
4	Graphique triangulaire : analyses de roches carbonatées	29
5	Noyau d'une oolite	53
6	Emplacement des coupes dans la Cuvette de Boko-Songo	63
7	Agencement des coupes	65
8	Echelle stratigraphique du SC III à Boko-Songo	68
9	Coupe SSW - NNE à la Petite-Mine de Boko-Songo	83
10	Tectonique en surface à la Petite-Mine	85
11	Affleurements dans la rivière Louhomba	86
12	Basculement des axes de plis au Nord de la Cuvette de Boko-Songo	87
13	Affleurements à la Grande-Mine	88
14	Zone de la Haute-Mounouani	89
15	Coupe NS par l'extrémité Est de la Grande-Mine	90
16	Accident subméridien de la Bodi	91
17	Situation des coupes établies par sondages à Boko-Songo	93
18	Coupe I	95
19	Coupe II	97
20	Coupe III	99
21	Anomalies de la composante verticale du champ magnétique à Boko-Songo	99
22	Bloc-diagramme schématique de la faille de Boko-Songo	100
23	Coupe schématique dans la rivière Poa	102
24	Schéma de l'accident de la Louvisie Orientale	102
25	Environs de Boko-Songo. Esquisse structurale	104
26	Carte schématique de la zone bas-congolaise	106
27	Coupe le long du Mayombe (Delhay et Sluys)	107
28	Indices minéralisés au Bas-Congo	125
29	Indices du massif de Kissenga	127
30	Indices de la Cuvette de Boko-Songo	130
31	Travaux à la Petite-Mine	131
32	Indices des bassins de la N'Kenké et de la Loutété	135
33	Indices des bassins des Louvisies	139
34	Indices des bassins de la Loukouni et du Djoué	144
35	Zone Grande-Mine - Malembé	146
36	Coupe II N.34 G W à la Grande-Mine	152
37	Situation de la mine de M'Passa	158
38	Plan géologique de la mine de M'Passa	160
39	Coupes schématiques dans le gisement de M'Passa	161

40	Travaux de la recoupe R.27 à M'Passa	165
41	Plan des recherches à Diangala	172
42	Coupe 51-S à Diangala	174
43	Travaux sur le gisement de Djenguilé	177
44	Djenguilé : galerie D ₁ -D ₄	183
45	Djenguilé : terres violettes au niveau 387	185

- Planches Hors-Texte reliées n^{os} I à XXI

Illustration photographique à la fin du volume

- Planches Hors-Texte non reliées :

Encartées dans la couverture à la fin du volume

- Carte géologique Brazzaville-Pointe-Noire au 1/500 000 (DMG-AEF)
- Carte géologique de la zone minéralisée de Boko-Songo au 1/10 000
- Quatre coupes synthétiques

INTRODUCTION : GENERALITES

- CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE -

L'extrémité méridionale de l'A.E.F., entre le troisième degré de latitude Sud et la frontière du Congo belge, rassemble, de Pointe-Noire à Brazzaville, des unités géographiques très différentes, que le fleuve Niari-Kouilou relie entre elles. Ce sont d'Ouest en Est (voir carte de situation page 2, fig. 1) :

- la plaine côtière, dominée à l'Est par
- la chaîne forestière du Mayombe, qui isole de la côte
- la plaine du Moyen-Niari, de Dolisie à Mindouli, limitée par
- le massif du Chaillu au Nord,
- le plateau découpé des Cataractes au Sud,
- le plateau aride "Batéké" à l'Est.

Les travaux exposés dans ce mémoire ont pour cadre le bassin minéralisé du Niari. Celui-ci comprend la plaine du Moyen-Niari, au Sud du fleuve, et les rebords

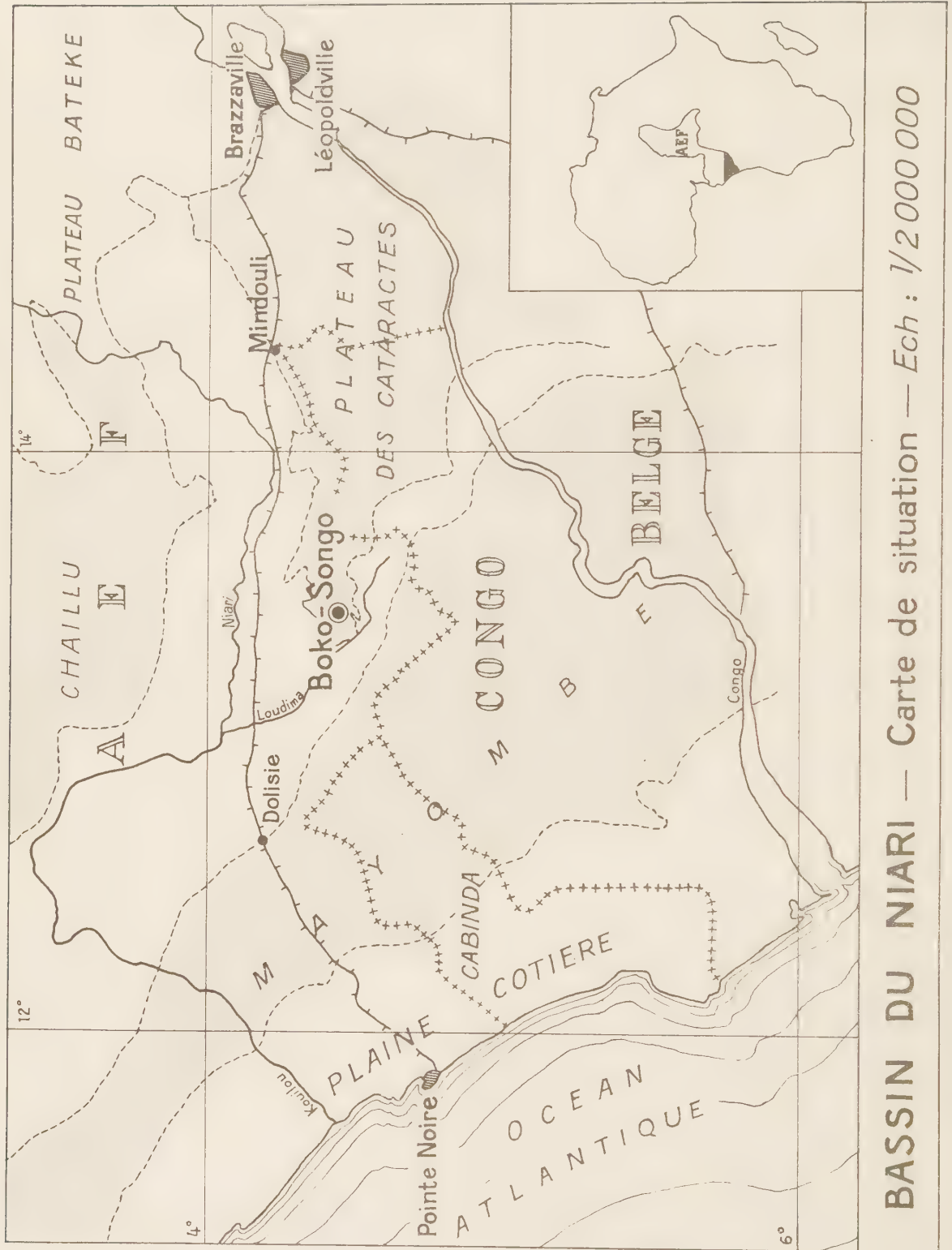
- oriental, de la chaîne du Mayombe,
- septentrional, du plateau des Cataractes.

1°) Modelé

La bordure du plateau des Cataractes est presque partout caractérisée par une falaise à pic, présentant un abrupt de 20 à 200 m, qui recule au fur et à mesure du travail de l'érosion en conservant sa raideur. Le tracé de cette falaise permet de délimiter dans le bassin du Niari plusieurs unités caractérisées chacune par une rivière principale. Ce sont d'Est en Ouest (voir carte au 1/500 000 hors-texte) :

- le Djoué, affluent N.S. du Congo
- la Loukouni
- la Louvisie occidentale ou Yamba-Yamba
- la Louvisie orientale ou Boua-Boua (gîte de M'Passa)
- la Loutété (gîtes de M'Fouati et de Hapilo)
- la N'Kenké (gîtes de Djenguilé)
- la Loudima (gîtes de Boko-Songo)

tous affluents rive gauche du Niari.



- Fig. 1 -

Sur la carte au 1/2 000 000 (page 2, fig. 1) on voit que la région de Boko-Songo correspond à l'extrémité occidentale, fort découpée, du plateau des Cataractes, dominant les plaines de la Loudima et du Niari. Ces plaines sont bordées au Sud-Ouest par la chaîne du Mayombe, qui avec des altitudes de plus de 1 000 m correspond ici au bourrelet côtier du continent africain. Au Nord, les monts du Chaillu atteignent 800 m d'altitude. Les vallées sont en moyenne à 200 m et les massifs du plateau des Cataractes atteignent à Boko-Songo leur point culminant, 800 m au Mont Outoumbi. Le relief est donc relativement montagneux.

La carte hors-texte au 1/500 000 de la Direction des Mines nous montre une portion de cette extrémité découpée du plateau des Cataractes. Ce dernier se décompose en trois massifs distincts : au Sud-Est le massif de Kikengué, élevé en moyenne de 700 m, extrémité occidentale sensu-stricto du plateau ; à l'Ouest, le massif de Kissenga à l'altitude moyenne de 550 m ; et au Nord, le massif des Pangalas dont les sommets dépassent 700 m. Vus de loin, ces massifs ont un aspect tabulaire qui leur avait fait donner le nom de "plateaux". Ils se composent en réalité de nombreuses lignes plus ou moins ramifiées de collines, qui séparent des vallées, parfois très profondes. La progression, même sur piste, lorsque l'on quitte les lignes de crête, y est particulièrement pénible (photo n° 1, pl. I).

Les trois massifs précédents sont partagés par trois vallées divergentes (voir photo aérienne p. 5) :

- la vallée de la Loudima, qui s'ouvre au Sud de Boko-Songo, et sépare le massif de Kikengué de celui de Kissenga.
- la vallée de la Loemba, d'axe S.E.-N.O., isole le massif de Pangala de celui de Kissenga.
- à l'Est enfin, la vallée S.E.-N.O. de la Bodi délimite une apophyse du massif de Kikengué, et la sépare de celui de Pangala.

Au centre, ces trois vallées forment ce qu'on a appelé la "Cuvette de Boko-Songo" (Photo n° 2, pl. I), où se placent la plupart des travaux étudiés dans ce mémoire. La Cuvette se situe entre 315 et 400 m d'altitude ; les vallées qui en divergent descendent lentement vers les 200 m moyens des grandes vallées du Niari et de la Loudima. Elle apparaît comme une aire d'environ 6 km sur 3, bordée partout de montagnes qui débudent par l'escarpement cité plus haut ; la dénivellation est d'environ 300 m et l'aspect de dépression très frappant. Par deux véritables trouées, la Loudima s'échappe vers le Sud et la Bodi vers le Nord.

Les bords de la Cuvette sont échancrés par des affluents de ces rivières : à l'Est, la Loussimba, affluent de la Bodi ; au Nord, la Mounouani et la Kibounga, au Sud, la N'Kote, affluents de la Loudima.

Le fond de la Cuvette n'est pas absolument plat : il est relevé à l'Est jusqu'à 400 m pour former le seuil de Djenguilé. Du N.E. au S.O. il est traversé

par une ligne de hauteurs minimales (350 m) qui joignent la colline du poste de Boko-Songo au bord Nord de la Cuvette (voir carte géologique hors-texte 1/10 000 et photo aérienne p. 5).

2°) Climat

Le climat de la région du Niari est de type guinéen. En voici les caractéristiques essentielles :

- températures moyennes mensuelles comprises entre 21° et 27° (extrêmes : 12° et 35°) ;
- tension de vapeur d'eau toujours supérieure à 19 millibars, hygrométrie relative moyenne supérieure à 80 pour cent ;
- somme annuelle de précipitations comprises entre 1 100 et 1 400 mm ;
- une grande saison sèche de 4 mois (juin à septembre), une petite saison sèche mal marquée, de 15 à 30 jours (entre décembre et février).

Les pluies se produisent surtout sous forme de violents orages, les "tornades", qui peuvent donner à Boko-Songo jusqu'à 8 cm d'eau en une heure (mars 1953).

Dans le détail, les précipitations sont très influencées par le relief. Ces facteurs aggravent le régime torrentiel des cours d'eau en bordure des massifs schisto-gréseux.

3°) Hydrographie

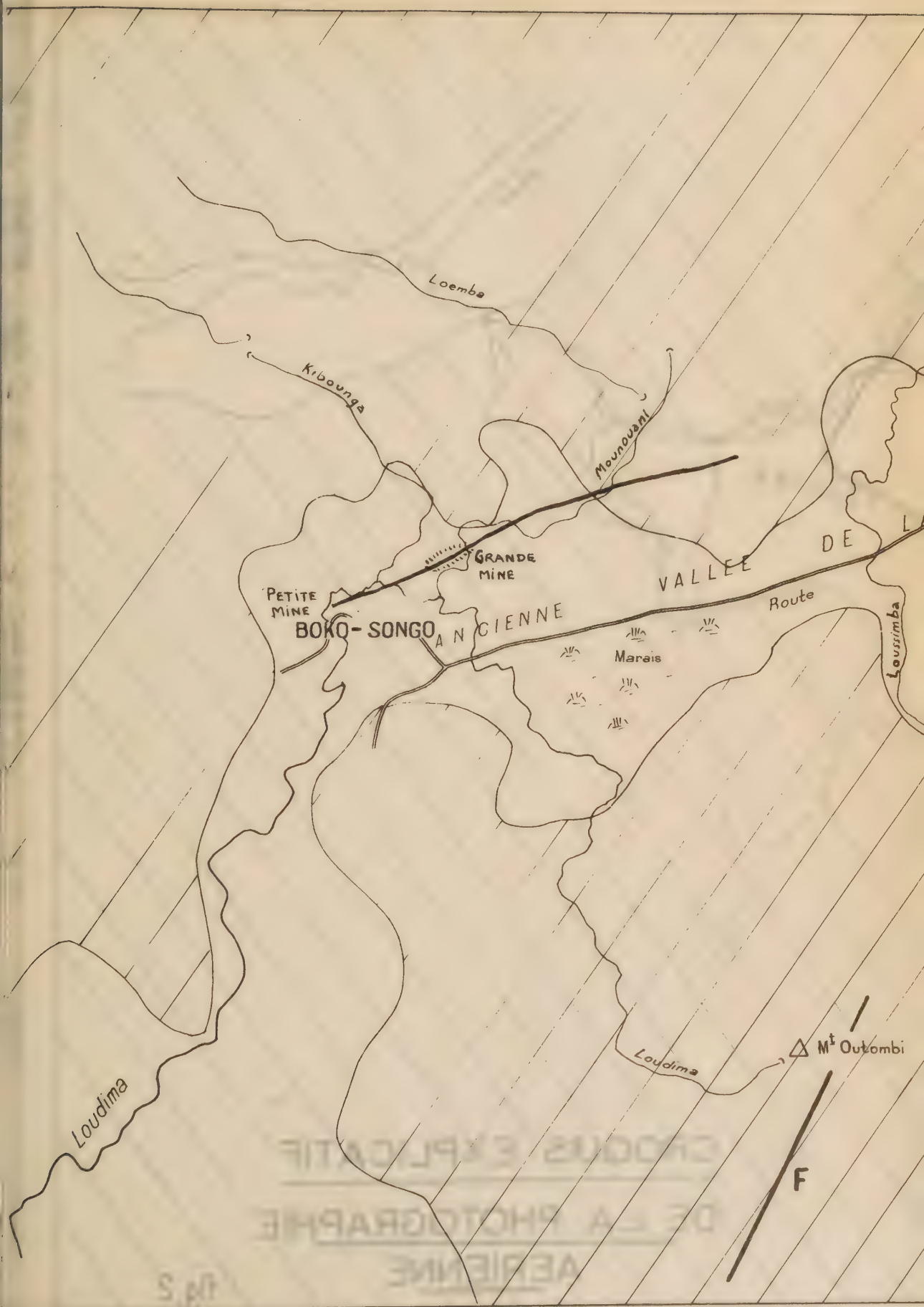
A l'exception de la région de Renéville, située dans le domaine du Djoué, le bassin minéralisé est entièrement drainé par le Niari et ses affluents, et, entre Mindouli et Loudima, présente des caractères assez homogènes (voir carte hors-texte 1/500 000). On y constate un rajeunissement récent, qui n'a pas encore atteint les parties hautes du bassin.

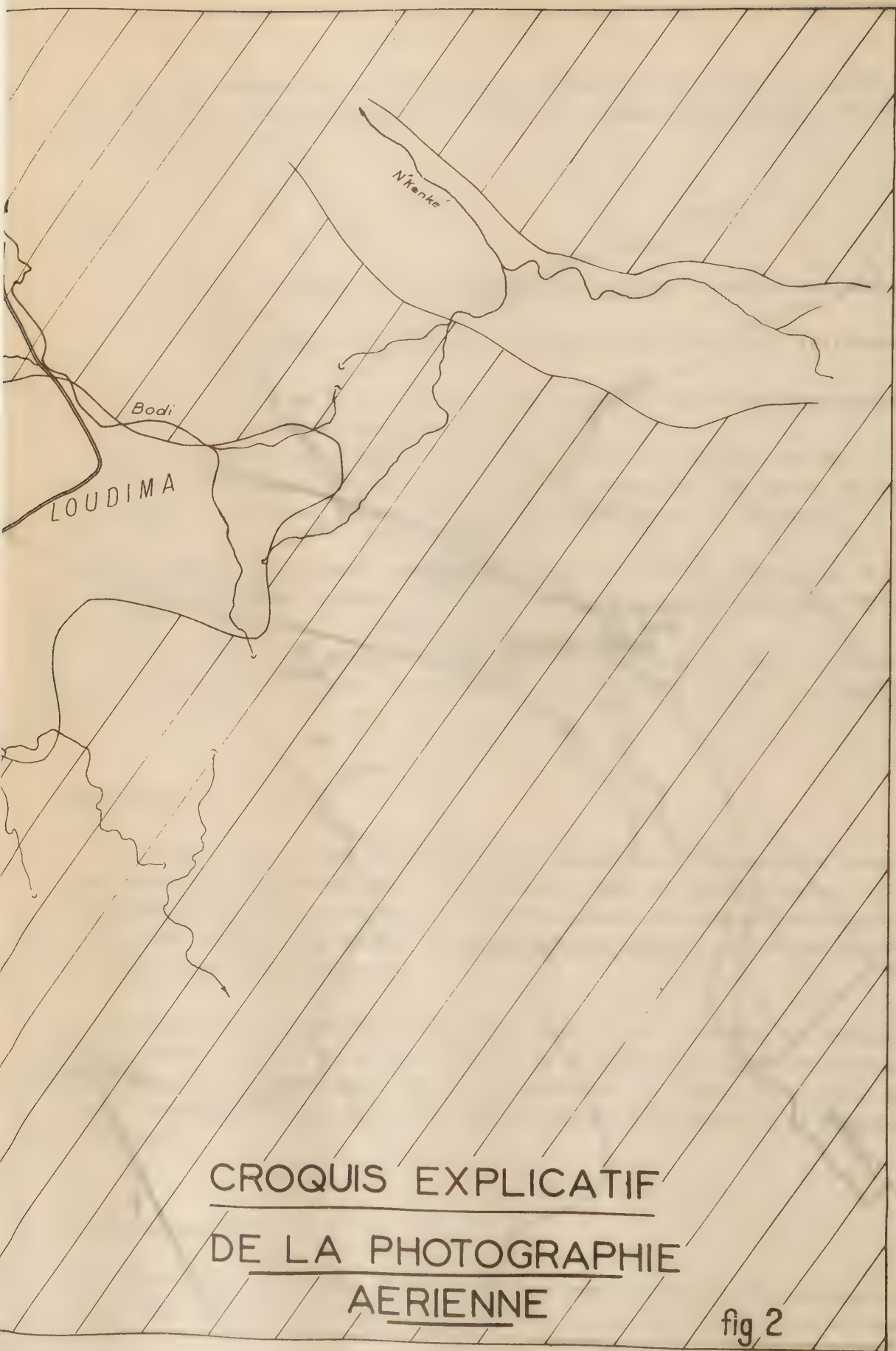
En regard de la photographie aérienne (page 5), on trouvera un croquis montrant la capture achevée de la haute vallée de la Loudima par la Bodi et diverses autres captures en voie d'accomplissement, au profit de la Loemba ou à celui de la N'Kenké. L'examen détaillé de la photographie permet d'en découvrir de nombreux autres exemples.

4°) Géomorphologie

La morphologie du bassin du Niari résulte comme ailleurs de trois facteurs :

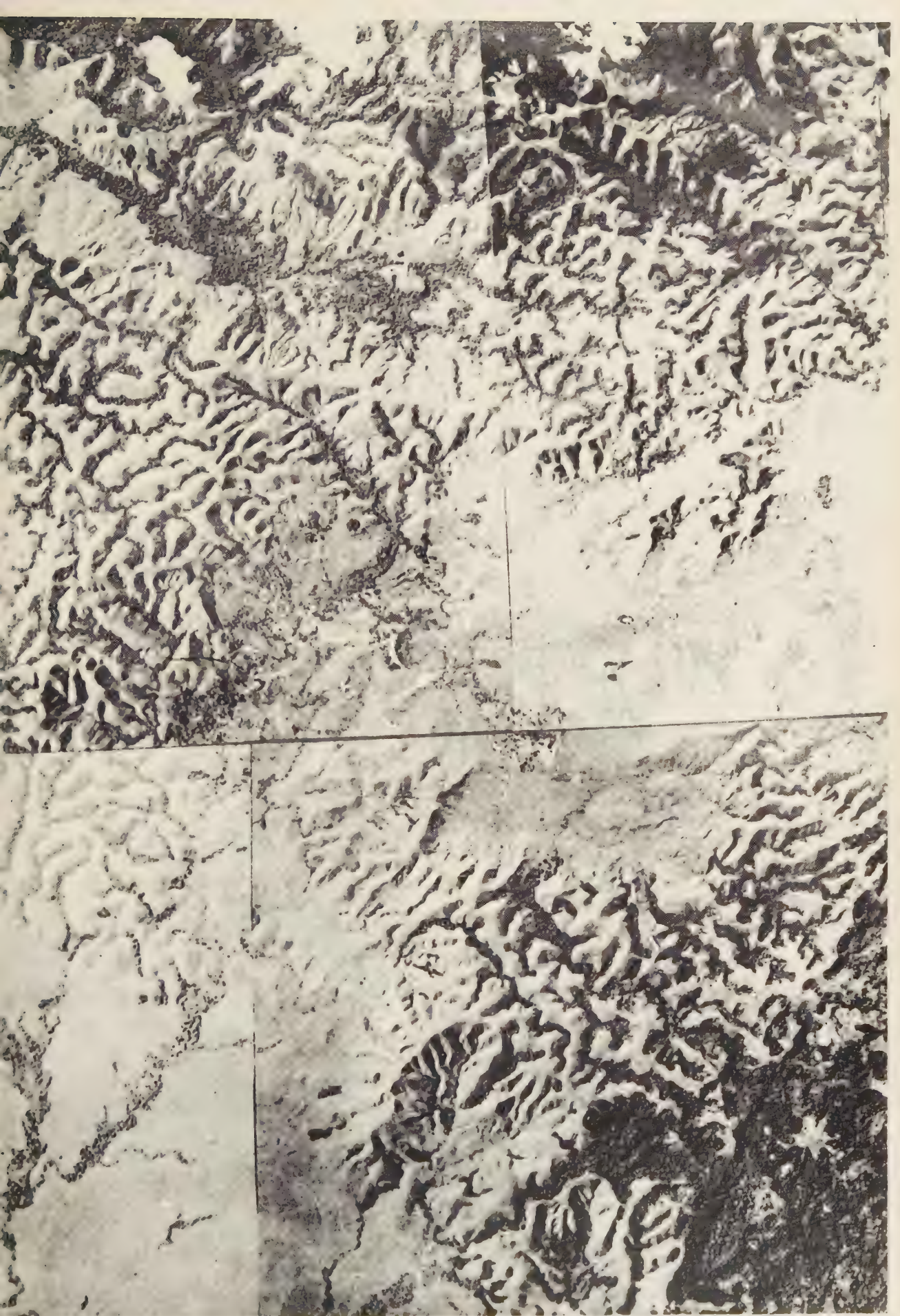
- l'érosion, dont le principal moteur est la capture récente des anciens

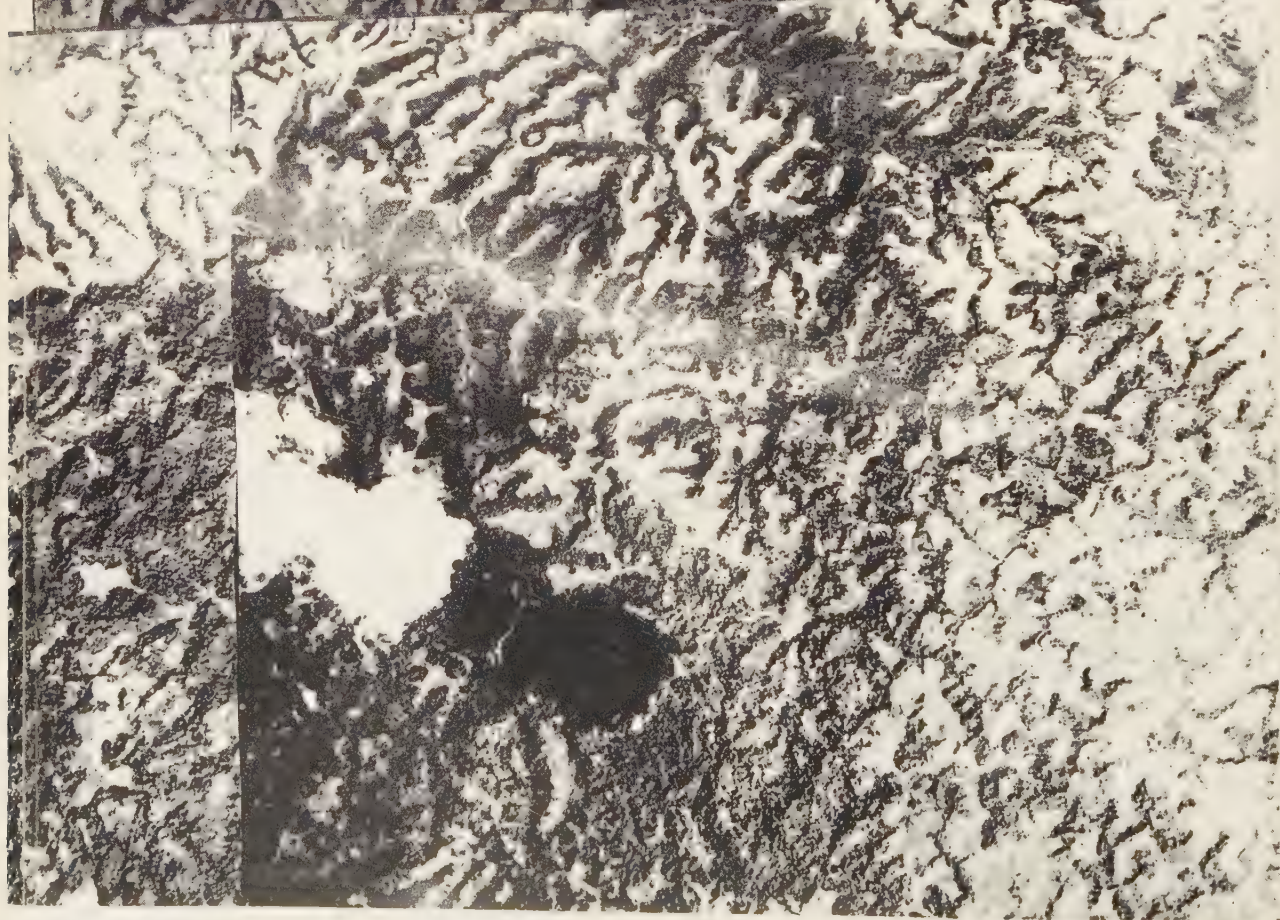
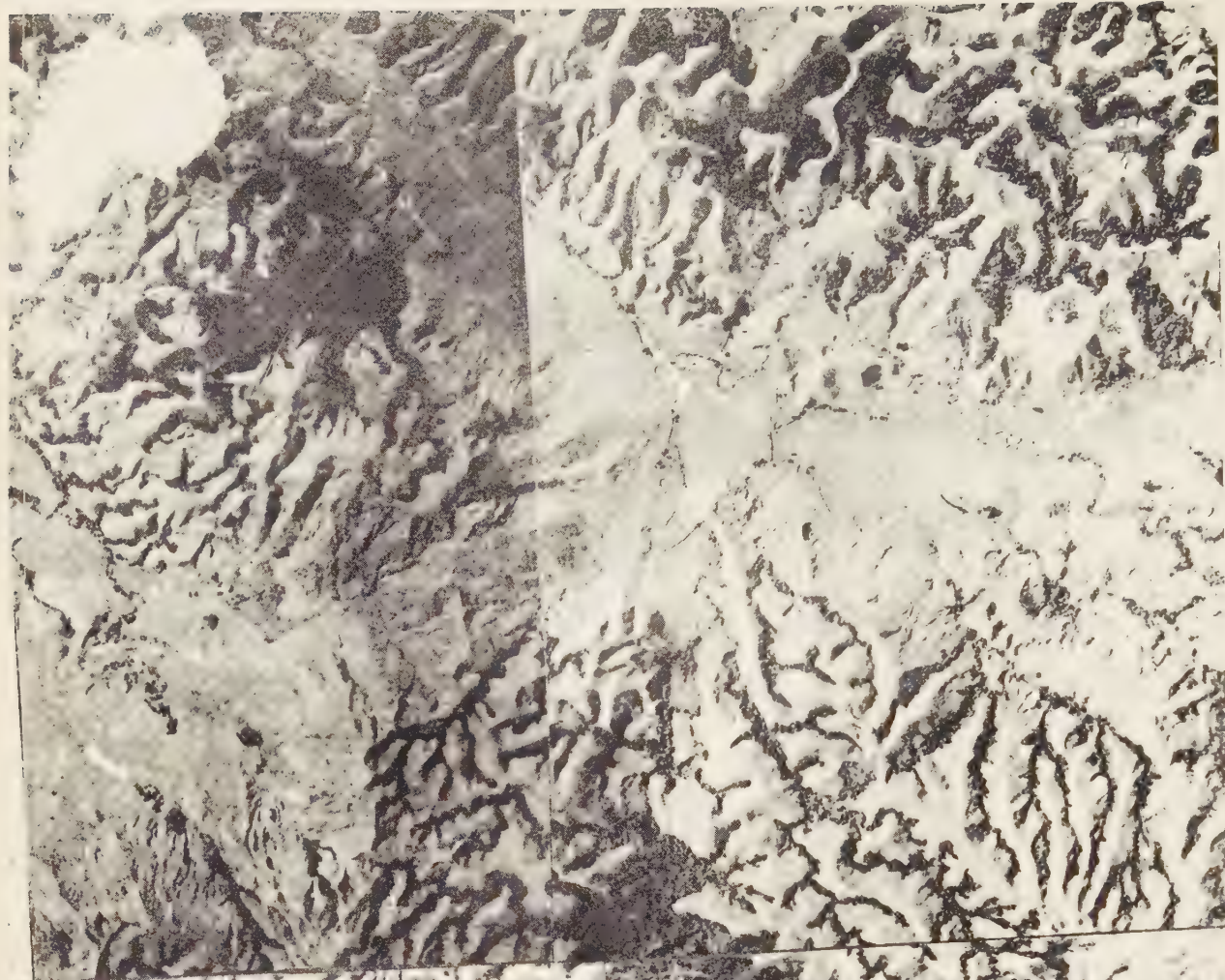




CROQUIS EXPLICATIF
DE LA PHOTOGRAPHIE
AERIENNE

fig 2





tributaires de la Cuvette congolaise par des fleuves côtiers, et les captures conséquentes,

- la nature des roches,
- les structures qui les affectent.

Le Schisto-gréseux imperméable est sillonné de vallées en V, avec forêt-galerie, très encaissées, à flancs convexes.

Le Schisto-calcaire présente au contraire des formes plus molles, concaves ; il est couvert de savane, pauvrement arbustive, incendiée tous les ans. Toutes les roches sont fortement altérées en surface et couvertes d'un épais manteau de terres argileuses jaunes-rouges ou brunes. Celles-ci résultent pour le Schisto-calcaire d'argiles de décalcification, pour le Schisto-gréseux d'argiles de décomposition, lesquelles subissent toutes une évolution latéritique, qui fait converger les recouvrements vers les "argiles équatoriales faiblement latéritiques". (J.M. BRUGIERES, 1952). La densité des affleurements est directement fonction des faits qui précèdent.

Dans les couches schisto-gréseuses, l'érosion profite à un certain degré des accidents tectoniques en agissant plus profondément dans les zones qu'ils ont rendues plus attaquables. Dans le Schisto-calcaire s'ajoutent les phénomènes de dissolution chimique. Il en résulte que les cours d'eau empruntent souvent le tracé des failles et qu'on peut utiliser ce fait pour rechercher ces dernières. La comparaison de la carte géologique avec les photos aériennes est fort instructive à cet égard. Par exemple, sur la carte au 1/10 000 hors-texte, la faille Petite Mine-Grande Mine-Mounouani se marque dans le paysage par une longue zone déprimée (voir photo n° 4, pl. II et photo aérienne ci-contre).

La faille de la Kimpongui donne lieu à une vallée assez rectiligne, d'ailleurs prolongée au Nord par une autre vallée du même style. L'ensemble de la Cuvette et de la haute vallée de la N'Kenké, ancienne vallée de la Loudima, correspond lui-même à une zone tectonique continue.

Il peut arriver qu'une direction de rivière ou de crête ne marque pas une faille, mais un pli plus ou moins faillé ou simplement une flexure monoclinale. Mais pour une particularité donnée de la morphologie, il est rare que l'examen sur le terrain, qui reste indispensable, ne fasse apparaître une particularité de structure.

Dans ce pays, où les recouvrements argilo-latéritiques masquent presque tous les affleurements, cette circonstance est d'une utilité considérable. Elle fait de la photo aérienne un document essentiel à l'établissement d'une bonne carte géologique. Malgré les recouvrements et la végétation, la photogéologie peut et doit être développée au Niari. A titre d'exemple, on peut citer la faille F du schéma calqué sur la photo aérienne page 5, qu'aucun relevé de terrain n'avait jamais décelée.

B - HISTORIQUE DES TRAVAUX DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES EFFECTUES DANS LA REGION DE BOKO-SONGO

L'intérêt porté par les Européens aux minéralisations du bassin du Niari est antérieur à l'arrivée des Français en A.E.F.

Les meilleurs historiques sont ceux de M. BARRAT (1895) pour la période antérieure à 1895, de F. BLONDEL (1935) pour la période de 1895 à 1953, et de L. BAUD (1949) de 1933 à 1948.

Nous reprendrons ici succinctement la chronologie de ceux qui concernent Boko-Songo, en la complétant pour la récente période de recherches.

Les mines de Boko-Songo ont été activement exploitées par les indigènes bien avant le début de la colonisation. L'ampleur de leurs travaux sur les chapeaux de fer de la Cuvette, ainsi que le commerce de métal (plomb et cuivre) qui en découlait, attira l'attention des premiers voyageurs. Les autochtones (Badondos et Bassoundis) creusaient de grandes excavations dans les tumuli formés par les chapeaux de fer ; ils atteignaient ainsi les couches oxydées de plomb et de cuivre qu'ils recélaient, et triaient à la main un minerai riche.

Celui-ci était fondu au bois dans des creusets à tuyères et à soufflets, façonnés dans l'argile rouge du sol ; le métal produit était vendu dans toute la région, jusqu'au Gabon, et en 1904 encore une compagnie hollandaise de traite en exportait par Loango.

A Boko-Songo, les grandes excavations de Djenguilé et de la Grande Mine (voir photos n° 3 et n° 4, pl. II), des fours conservés dans le sol, des débris de tuyère ou de creuset et d'innombrables scories témoignent de cette activité. La dispersion du minerai en surface a été telle que des prospections géochimiques ou à la batée se sont révélées impossibles.

Liste des explorateurs et ingénieurs ayant visité Boko-Songo

(Voir dans les ouvrages précités (p. 5) la bibliographie de leurs observations)

- | | |
|------|---|
| 1876 | PESCHUEL-LOESCHE, professeur à l'Université d'Iéna.
(Première exploration de BRAZZA, Ogoué-Alima, 1870-1878) ;
(Deuxième exploration 1879-1882, traité avec Makoko 1880). |
| 1884 | J. de CHAVANNES |
| 1888 | E. DUPONT et J. CHOLET (Belges)
M. POBEQUIN et le capitaine PLEIGNEUR |
| 1892 | Mission LE CHÂTELIER |

- 1893 Mission M. BARRAT
(Création en 1903 du "Syndicat minier du Congo français", financé par le groupe français Planche)
(Création en 1906 du "Consortium minier du Congo français" (C.M.C.N.) à capitaux français et belges. Le domaine minier de ces sociétés englobe Boko-Songo).
- 1906 Mission D. LEVAT pour le C.M.C.N.
- 1906-1907 Mission J. BEL pour l'étude du chemin de fer Congo-Océan.
- 1907 V. BRIEN
- 1914 MM. DELHAYE et SLUYS, géologues belges pour le compte de M. GOLDSCHMIDT
(Création en 1921 de la Société "Afrique minière équatoriale" (A.M.E.))
- 1926-1927 Etudes de V. BABET, géologue du gouvernement général.
(En 1927, le C.M.C.N. absorbe l'A.M.E.; en 1928, le C.M.C.N. passe sous le contrôle de l'Union parisienne, qui constitue la "Compagnie minière du Congo français" (C.M.C.F.) dont l'objet est de prendre en main toute la question minière au Niari).
- 1928 Mission L. DUPARC, M. GYSIN, H. LAGOTALA pour la C.M.C.F.
- 1931 Mission Th.S. CARNAHAN pour la C.M.C.F.
Travaux de J. PARES, géologue de la C.M.C.F.
- 1932 Prospection V. LEBEDEFF pour la C.M.C.F.
- 1933 Mission F. BLONDEL
- 1937 Mission P. SEYER pour le gouvernement général de l'A.E.F.
- 1938 Nouvelle visite de V. BABET
- 1941 Mission H.P.T. HYDE pour le Service des Mines de l'A.E.F.
- 1943 Mission MAERTEN-CHOCHINE-COTTINEAU pour le Service des Mines de l'A.E.F.
- 1947 Premières prospections du Commissariat à l'Energie atomique (C.E.A.)

Historique des travaux effectués par le C.E.A. à Boko-Songo

Pour des raisons d'analogie géologique entre les terrains du Niari et ceux du Katanga, le C.E.A. envoie en A.E.F. des prospecteurs dès 1947.

Les radioactivités alors observées sur les chapeaux de fer de la Cuvette de Boko-Songo, en particulier la Petite Mine et Djenguilé, entraînent l'implantation d'un groupe de recherches fixe à partir de 1949. Les travaux se déroulent alors au fur et à mesure de la mise en place du personnel et des moyens nécessaires :

- 1949 Prospection de surface de la Cuvette de Boko-Songo et de ses environs dans un rayon de 20 km. De nombreux indices sont découverts.
- 1950 Percement de deux travers-bancs, l'un à la Petite Mine, l'autre à Djenguilé. Achèvement des prospections détaillées de surface. Carte géologique détaillée de la Cuvette.
- 1951 Forage d'un puits d'accès de 100 m à la Petite Mine, destiné à porter les à investigations au-delà des zones superficielles trop altérées (photo n° 5, 1953 pl. II).
- Exécution d'un programme de 59 forages au diamant totalisant 5 407,60 m à la Petite Mine et à Djenguilé.
- Campagne de prospection détaillée par galeries et petits puits sur le chapeau de fer de Djenguilé.
- Campagne de prospection géophysique.
- Carte géologique de la région au 1/50 000.

Dans le même temps, la C.M.C.F. qui exploite le gisement de M'Fouati, constitue un Syndicat de Recherches avec la S.M.M. Pennaroya pour l'étude de la Grande Mine et de son prolongement à l'Est ; ce syndicat effectue 32 sondages totalisant 4 298,50 m.

- 1954 L'ensemble des travaux précédents aboutit à des résultats insuffisants pour justifier la poursuite des recherches, qui se font de plus en plus coûteuses en même temps qu'on les approfondit. Les travaux de recherche minière sont arrêtés à Boko-Songo.

C - CADRE GEOLOGIQUE

Avant d'aborder notre sujet, il me paraît nécessaire d'esquisser la géologie générale de la région et la place qu'y occupe le bassin du Niari, où se situent nos études. Il faut aussi exposer l'état des connaissances sur la géologie du bassin lui-même.

1°) Le bassin du Niari dans la géologie congolaise

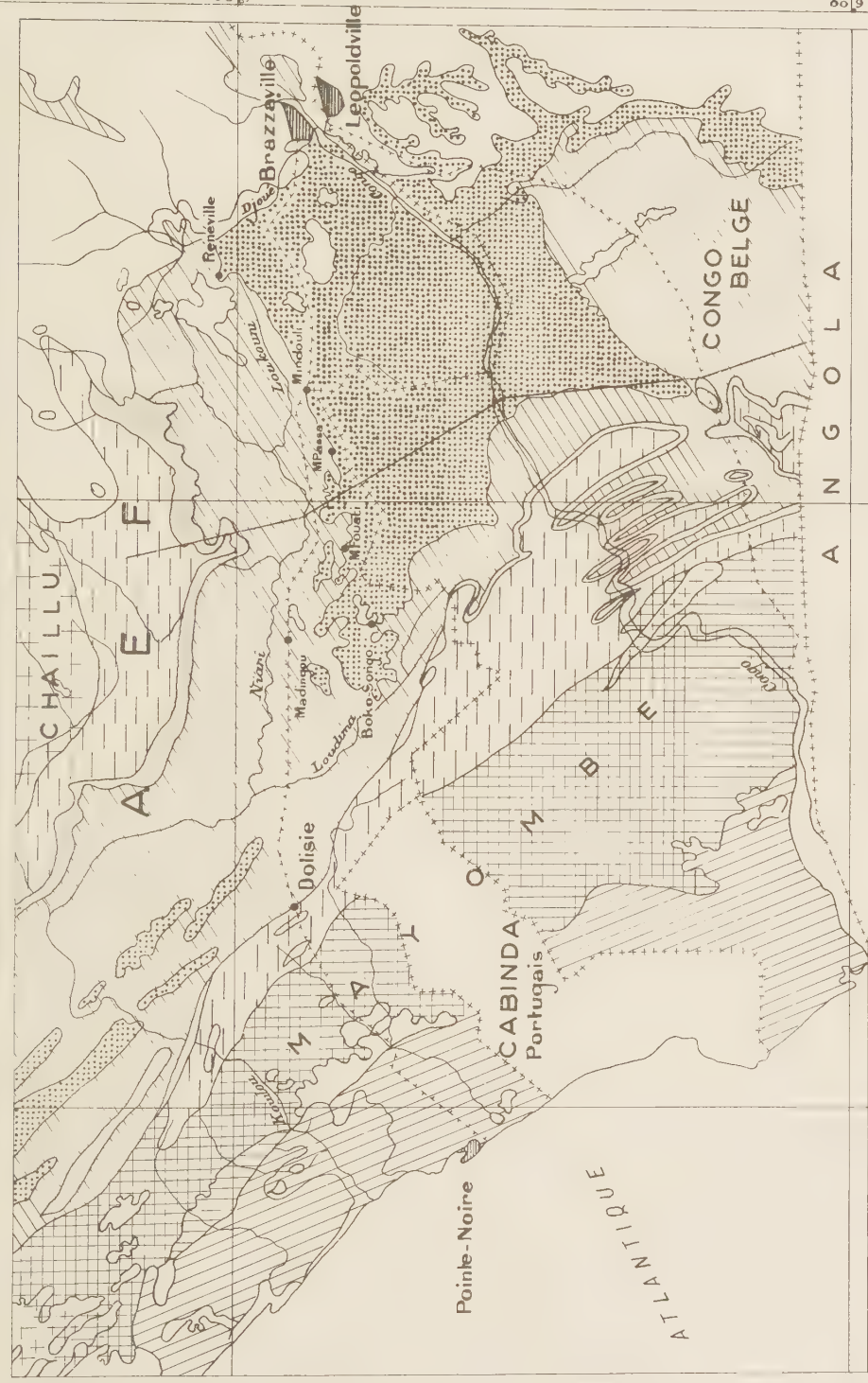
Au coeur de l'Afrique centrale, la Cuvette congolaise est un immense bassin rempli de dépôts surtout continentaux, mésozoïques et plus récents (P. de SAINT-SEINE 1953). Sur son pourtour affleurent des terrains dont l'âge est discuté ; ils sont compris entre les précédents et le socle ou Complexe de base. Leur disposition est variable selon les régions. Sur le bord Sud-Ouest de la Cuvette, ils se présentent en une aire synclinale d'axe N.40 G. W⁽¹⁾, bordée sur ses flancs

(1) Sauf avis contraire, toutes les directions sont données par rapport au Nord géographique, et comptées en grades.

12° 00'

14° 00'

BASSINS DU NIARI ET DU BAS-CONGO



LEGENDE

Karroo et post-karroo

Schisto-gréseux

Tillite

Série du Mayombe

Océanée

Schisto-calcaire

Quartzo-schisteux

Granites

Echelle : 1:2.000.000

- Fig. 3 -

par des terrains antérieurs plus ou moins métamorphisés et granitisés (voir carte page 9, fig. n° 3) :

- à l'Ouest la chaîne côtière du Mayombe
- à l'Est , le massif du Chaillu.

Ils se poursuivent en direction au Congo belge et en Angola, sur une longueur équivalente à celle qu'ils occupent en A.E.F., avec un renflement au centre et jusqu'au Stanley-Pool.

a) Stratigraphie générale

Dans le Sud de l'A.E.F., la succession stratigraphique actuellement adoptée est la suivante (J. COSSON, 1955) :

Formations de couverture

Formations plissées de la chaîne congolaise comprenant :

- système du Congo occidental composé de :
 - séries schisto-gréseuses (Inkisi et M'Pioka)
 - série schisto-calcaire
 - série de la Tillite supérieure du Bas-Congo
 - série de la Louila
- système des Monts Bamba
- système du Mayombe.

Les formations de couverture constituent le remplissage de la Cuvette congolaise et les couches sédimentaires de la région côtière. Nettement discordantes, elles encadrent les formations plissées de la chaîne congolaise, qui sont celles du Mayombe, du Niari et du Bas-Congo.

1) Age absolu :

L'âge absolu et les corrélations possibles de ces terrains avec les couches analogues du pourtour de la Cuvette congolaise et d'autres parties de l'Afrique, ont été longuement et passionnément discutés dès les premières reconnaissances géologiques.

En 1952, au Congrès d'Alger, à la suite des nombreuses études poursuivies en Afrique pendant et après la guerre⁽¹⁾, et de l'introduction par P. PRUVOST (1951) de la notion d'Infracambrien, on pouvait construire le tableau suivant:

(1) Voir bibliographie.

R. FURON	P. PRUVOST - 1951		J. et G. GERARD - 1952		L. CAHEN - 1952
		A.O.F.	OUBANGUI	KATANGA	BAS-CONGO et NIARI
Terminal	Infracambrien	Falémien	Groupe de l'Oubangui	Groupe du Katanga	Système schisto-gréseux Système schisto-calcaire Tillite supérieure du Bas-Congo
Précambrien	Algonkien	Tarkwaïen	Groupe de la Liki-Bembé	Groupe des Kibara	Système du Ht-Shiloango (équivalent série Louila ¹⁾) Système de la Sansikwa (équivalent système Monts-Bamba ¹⁾)

- 1) Voir plus bas paragraphe c).
- 2) Les correspondances horizontales sont à considérer globalement
- 3) Les termes "groupe" et "système" ont dans ce tableau le sens défini par les auteurs belges (L. CAHEN, 1952).

Les couches du Niari et du Bas-Congo (Système du Congo occidental) y apparaissent infracambriennes. Je n'entrerai pas ici dans le détail des discussions portant sur ces questions d'âge et de corrélations. Les arguments invoqués comprennent les données tectoniques, les faciès lithologiques, la nature des intrusions et de la minéralisation, les coupures stratigraphiques et la hiérarchie des ensembles, les restes fossiles ; ils sont de valeur très différente selon les échelles envisagées.

Récemment, L. CAHEN (1954b) étudiant des analyses isotopiques de galènes congolaises, parmi lesquelles deux originaires du Niari, leur trouvait des âges tous voisins de 630 millions d'années. Il y a de bonnes raisons de penser que cette minéralisation plombifère est épigénétique (cf. 2^{ème} partie, chap. II) et par conséquent postérieure aux terrains qui l'encaissent. Or l'âge de 630 millions d'années correspond, par définition (P. PRUVOST, 1951), à la base de l'Infracambrien. Le Schisto-calcaire serait donc Précambrien, et c'est la conclusion de L. CAHEN (1954b) et J. COSSON (1955).

Une objection sérieuse peut être faite si on envisage que la minéralisation peut résulter de la "reprise secondaire" d'une minéralisation ancienne ; comme il est probable que cette reprise ne modifie pas la composition isotopique des

galènes, donc l'âge qu'on en déduit (cf. 2^{ème} partie, chap. II), les couches qui les encaissent leur seraient alors postérieures. Nous discuterons plus complètement cette question à propos de l'étude des minéralisations du Niari. Il suffit d'indiquer ici qu'elle ne peut être considérée comme définitivement résolue.

2) Corrélation avec le Katanga.

Pour le Bas-Congo et le Niari, des corrélations plus précises avec le Katanga présentent un intérêt particulier du fait des minéralisations analogues de ces secteurs ; le Katanga étant exploité depuis longtemps, les recherches sur le Congo peuvent espérer bénéficier des résultats qui y ont été acquis.

En 1951, J. LEPERSONNE (1951b) a donné le tableau suivant de correspondance, précisé et complété par L. CAHEN (1952) au Congrès d'Alger.

Age minéralisation	KATANGA		BAS-CONGO
<u>Cu, Pb, Zn</u> Cu, Co, U 630 millions d'années 	Groupe du Katanga	Kundelungu supérieur Kundelungu inférieur et moyen Grand Conlomérat Série de Mwashia	Système schisto-gréseux
		Système de Roan	Système schisto-calcaire

La "Série des Mines" du Katanga appartient au Roan supérieur ; dès 1947, A. JAMOTTE (1947) la parallélisait aux couches supérieures du Schisto-calcaire. Je ne referai pas non plus l'histoire de la discussion de ces corrélations. On trouvera un résumé de la question dans la "Géologie du Congo belge" de L. CAHEN (1954).

Les mesures d'âge absolu des minéralisations ont apporté des éléments nouveaux d'appréciation, mais elles ont aussi renouvelé la discussion ; on peut en particulier faire des objections analogues à celles qui précèdent.

Nous nous bornerons ici à retenir que l'équivalence des couches schisto-calcaires du Niari avec le Roan (sensu lato) du Katanga et de Rhodésie est très vraisemblable.

3) Corrélations Niari-Bas-Congo belge.

Elles sont dans l'ensemble excellentes et se poursuivent dans le détail (J. NICOLAÏ, 1952).

La comparaison des échelles stratigraphiques adoptées dans chaque territoire révèle surtout des différences de terminologie, qui soulignent les divergences dans la conception de la hiérarchie des ensembles (voir tableau p. 14) ; en particulier, les "formations" de la Chaîne congolaise n'englobent pas exactement les mêmes terrains que le "groupe" du Congo occidental. Mais on voit que le Système du Congo occidental de J. COSSON correspond exactement aux Systèmes schisto-gréseux, schisto-calcaire, de la Tillite du Bas-Congo et du Haut-Shiloango des auteurs belges.

Les couches du bassin du Niari correspondent à ces ensembles.

J'adopterai pour cette étude la nomenclature suivante :

Schisto-gréseux : Inkisi (I)
M'Pioka (P)
(Couches continentales intercalaires (Po))

Schisto-calcaire : Etage supérieur S C III
Etage moyen S C II
Etage inférieur S C I

Tillite supérieure du Bas-Congo

Sans aborder la question de la hiérarchie des ensembles, notons seulement que les trois parties du Schisto-calcaire nous paraissent bien mériter le rang d'étages. Nous discuterons plus loin le problème du contact Schisto-calcaire - Schisto-gréseux et des couches de la base du M'Pioka.

b) Structure

La structure des bassins du Niari et du Bas-Congo relève de celle de la Chaîne congolaise. En voici les principales directions, avec les noms qu'on leur donne habituellement au Niari (voir carte hors-texte au 1/500 000) :

- les directions N.O. - S.E., celles du Mayombe, sont appelées "mayombiennes"
- les directions E.N.E. - O.S.O., celles des Monts Comba dans le bassin du Niari, sont dites "combiennes"
- enfin, les directions approximativement N.-S. sont qualifiées de "sub-méridiennes".

J. COSSON (1955) a donné récemment un premier essai de description d'ensemble que je résume ici :

L'ensemble des terrains plissés du Mayombe et des terrains ondulés et faillés du Niari constitue la partie actuellement visible de la Chaîne congolaise.

J. COSSON 1955		L. CAHEN et J. LEPERSONNE 1952	
N I A R I		B A S-C O N G O B E L G E	
Formations plissées de la Chaîne congolaise		Groupe du Congo occidental	
Séries Schisto-gréseuses	Série de l'Inkisi	Série de l'Inkisi	
	— lacune et légère discordance —	— lacune et légère discordance —	
Séries Schisto-calcaire	Série de la M'Pioka	Série de la M'Pioka	
	— lacune et transgressivité —	— lacune et transgressivité —	
Séries Schisto-calcaire	Couches continentales intercalées	Série de la M'Fidi	
	— lacune et légère discordance —	— lacune et légère discordance —	
Séries Schisto-calcaire	Couches supérieures S C III	Etage supérieur C5	
	Couches moyennes S C II	Etage moyen C4	
Séries Schisto-calcaire	Couches inférieures S C I	Etage inférieur C3, C2, C1	
	— lacune faible —	— lacune —	
Système du Congo occidental	Série de la Tillite supérieure du Bas-Congo	Tillite supérieure du Bas-Congo	
	— lacune et discordance —	— lacune et faible discordance —	
Système du Congo occidental	Série de la Louila = Bouenzien	Système du Haut Shiloango	
	— lacune et discordance —	— lacune —	
Système du Congo occidental	Tillite inférieure	Tillite inférieure du Bas-Congo	
	— Discordance —	— Discordance —	
Système du Congo occidental	Système des Monts Bamba	Système de la Sansikwa	
	— Discordance —	— Importante discordance —	
Système du Congo occidental	Système du Mayombe	Groupe des Monts du Cristal	

Celle-ci présente une structure symétrique "appalachienne", dont seules les parties axiales et orientales seraient actuellement visibles, la partie occidentale disparaissant sous le Crétacé côtier. Pour l'édification même de la chaîne, l'analyse tectonique montre une série de phases successives, dont J. COSSON propose d'expliquer la disposition par le soulèvement dans l'axe de la chaîne d'"une première ride soulevée au voisinage de l'axe, qui se serait ensuite déplacée vers le Nord-Est ; ainsi auraient émergé, l'un après l'autre, les divers systèmes plissés, superposés chacun à une aire subsidente, qui lui était propre".

La dernière phase a affecté le Système du Congo occidental. Elle a été précédée pendant le dépôt même des sédiments de ce système par des mouvements verticaux cassants, d'origine isostatique. Ceux-ci ont joué suivant les directions de moindre résistance des ensembles sous-jacents antérieurement plissés, qui formaient le fond du bassin. Ce sont, "en particulier, les directions "combiennes" (E.N.E.) et "subméridiennes", sur lesquelles on peut construire un parallélogramme de déformation conforme aux contraintes cisailantes développées par les efforts mayombiens".

Le tout s'est terminé par une émergence générale. A l'intérieur s'est établi un régime continental qui dure encore ; en bordure de la mer, la transgression crétacée a laissé des dépôts sur le flanc Ouest de la chaîne.

Nous retiendrons surtout de ce bref aperçu la notion d'enchaînement, de continuité dans les processus qui ont formé la Chaîne congolaise.

Les formations qui nous intéressent dans ce travail, à savoir le Schisto-calcaire du Système du Congo occidental, ont été affectées par la dernière période orogénique, qui se décompose elle-même en plusieurs séries de mouvements.

J. COSSON souligne aussi la liaison entre les accidents du socle et ceux de la couverture, en rapportant l'origine des directions non mayombiennes aux premiers.

2°) Esquisse géologique du Bassin du Niari

Ce que l'on a désigné jusqu'ici par "Bassin minéralisé du Niari" constitue une bande O.S.O. - E.N.E. sur la rive gauche du fleuve, en bordure du plateau des Cataractes, de la Loudima au Djoué. La zone minéralisée dans les terrains schisto-calcaire et schisto-gréseux a une extension de 175 km environ depuis les indices cuprifères de Bingui-Boula (rive droite de la Loudima à l'Ouest du plateau de Kissanga) jusqu'à ceux de Renéville (rive droite du Djoué). Des indices de galène non confirmés existeraient dans les couches de base du Schisto-calcaire, vers Matembo ; s'ils étaient liés aux mêmes structures générales que les précédents,

ils porteraient l'extension de la zone minéralisée à près de 200 km.

D'autre part, de nouveaux indices ont été découverts, dans les mêmes terrains, au Nord de la ligne du Chemin de Fer, dans la boucle du Niari. Enfin, au Congo belge, d'importants indices existent au Sud du Congo, sur la bordure méridionale du plateau des Cataractes. De Luvituku à Bemba-Kilenda, ils ont une extension de près de 120 km. Nous verrons plus loin ce qu'on peut penser d'une telle extension de la minéralisation.

Nous passerons d'abord en revue les couches qui affleurent au Niari, en suivant, de Banda-Kayes au fleuve, une coupe O.S.O. - E.N.E. passant par Boko-Songo. Au passage, je rassemblerai les caractères connus des différentes couches dans les régions voisines, à l'exception de l'étage supérieur du Schisto-calcaire (S C III) et des formations intermédiaires entre grès et calcaires, qui seront étudiés en détail au chapitre suivant ; ceci, afin d'aboutir, en comparant ces caractères, à des considérations plus générales sur le fonctionnement sédimentologique de cette zone.

Dans cette revue, j'utiliserai largement les éléments rassemblés par M. NICKLES, L. CAHEN et J. LEPERSONNE, A. GANGLOFF, J. HINAULT, A. CARLIER et tous les géologues des organismes travaillant au Niari et au Bas-Congo, et surtout les travaux de J. COSSON, à une petite partie desquels j'ai eu l'occasion de participer. J'emploierai les notations définies par cet auteur.

a) Coupe Banda-Kayes - Boko-Songo - Niari (voir carte hors-texte au 1/500 000)

Tillite supérieure

Dans les rivières voisines de Banda-Kayes, surmontant en légère discordance les couches de la série de la Louila, on trouve un complexe tillitique de puissance variable. Il s'agit de la Tillite supérieure du Niari et du Bas-Congo. C'est "une roche massive, non stratifiée, comprenant des blocs ou menus fragments, anguleux ou arrondis, de quartz, grès-quartzites, gneiss, granites, schistes, silex, roches oolitiques silicifiées, pris pêle-mêle, sans aucun classement, dans une pâte argilo-gréseuse plus ou moins calcaire". On y trouve des galets striés et percutés ; la couleur est lie de vin, gris-violacé, gris-brun ou gris-vert. Il y a des "intercalations locales de varves et un poudingue de base, quasi monogénique, à éléments localement anguleux de calcaire Sekelolo dans une pâte gris-vert de grès argilo-calcareux". La pâte est souvent schistoïde.

Au Bas-Congo belge, la Tillite supérieure a les mêmes caractères, avec une complexité analogue (L. CAHEN, 1950b).

En Angola, J. LEPERSONNE (1951c) a montré que la Tillite supérieure avait encore les mêmes caractères généraux ; ses faciès y sont plus diversifiés.

De même, au Nord, dans la boucle du Niari, l'aile Ouest du synclinal montre des faciès variés, alors que sur l'aile Est, tous les auteurs notent la grande homogénéité de la Tillite en même temps que son aspect plus massif.

A Banda-Kayes l'épaisseur de la Tillite ne serait que de quelques dizaines de mètres. Dans le Bas-Congo, les auteurs belges lui donnent 60 à 150 m ; en Angola son épaisseur diminue d'Ouest en Est. Au Nord, sur le flanc Nord-Est du synclinal du Niari, elle atteint 150 m dans la Bouenza.

La Tillite repose, en général avec faible discordance, sur une surface pénéplanée. C'est une formation d'origine glaciaire évidente.

^a₁ Dans les mêmes rivières des environs de Banda-Kayes, on trouve quelquefois reposant sur la Tillite, la dolomie rose SC ^a₁ (C₁). C'est une roche de couleur rose-saumon, très homogène, dont le grain est indiscernable à la loupe ; on y voit fréquemment des points pyriteux et des recristallisations de calcite dans les diaclasses. Outre un zonage alternant clair et foncé, elle présente une stratification nette. La composition chimique est la suivante (V. BABET, 1929) :

MgO	14	à	16	pour cent
CaO	30	à	38	pour cent
SiO ₂	4	à	7	pour cent
Al ₂ O ₃	1,5	à	3	pour cent
Fe ₂ O ₃	1	à	2	pour cent
Présence d'argile				

Au Bas-Congo, les caractères ne changent pas. La couleur peut varier du rose au gris-bleu.

Au Nord, il en est exactement de même ; dans la région de Mouyondzi, cette dolomie forme un abrupt nettement marqué dans la morphologie.

L'épaisseur de la formation montre la même régularité ; tous les auteurs s'accordent à lui attribuer 10-12 m de puissance.

Alors qu'au sommet, on passe graduellement aux couches schisteuses du SC ^b₁ (C2), la base de la dolomie rose est une surface très régulière.

Après L. CAYEUX et V. BABET, tous les auteurs s'accordent à lui attribuer une origine lagunaire fermée, de précipitation directe.

^b₁ Entre Banda-Kayes et la Loudima, les bonnes coupes du SC ^b₁, qui surmonte la dolomie rose, sont rares. Ces couches sont formées de calcaires argileux en

plaquettes, lie de vin à brun rouge à la base, qui passent vers le haut à des calcaires argileux en petits bancs et en plaquettes, finement zonaires, gris-violacé à gris-vert, parfois gréseux ; toutes ces roches sont plus ou moins schistifiées.

Au Congo belge, J. LEPERSONNE note un léger métamorphisme de la formation ; les faciès restent les mêmes en Angola.

Au Nord, P. NICOLINI (1953) cite des dolomies associées aux faciès précédents et des cipolins.

La puissance du SC $\frac{b}{1}$ est partout de 300 à 350 m, comprenant 1/3 inférieur lie de vin et brun et 2/3 supérieurs gris à gris-bleu. La concordance sur les couches antérieures est parfaite. L. CAHEN (1950-b) a insisté avec raison sur le fait que les dépôts franchement marins du Schisto-calcaire ne commençaient, à vrai dire, qu'avec le SC $\frac{b}{1}$.

SC $\frac{c}{1}$ Sur la rive gauche de la Loudima, le SC $\frac{c}{1}$ (C3) débute par des calcaires stratifiés gris-bleu dont les bancs augmentent progressivement d'épaisseur. Vers le haut, ces bancs deviennent oolitiques, avec intercalations de stromatolites. Couronnant le tout, on trouve un horizon de calcaire massif très pur, de teinte claire, rose ou gris, très finement oolitique et formant des falaises ruiniformes.

Les auteurs belges donnent une description similaire, en y ajoutant des niveaux bréchoïdes, sans doute liés aux formations récifales. Vers l'Angola, la roche, fortement recristallisée, perdrait ses faciès oolitiques.

Au Nord, les faciès se conservent encore tant dans la boucle du Niari que vers Mindouli. La puissance, de l'ordre de 100 m, est assez mal définie. Cela tient au passage graduel du SC $\frac{b}{1}$ au SC $\frac{c}{1}$, partout constaté.

Le contact avec le SC II (C 4) par contre est net et parfois souligné par une silicification chertreuse et un peu de pyrite sédimentaire.

Au voisinage de notre coupe, on observe près du confluent Loa-Mianzi, un banc de calcaire rouge cristallin, surmontant la falaise blanche des calcaires oolitiques.

SC II Affleurant dans la vallée de la Loudima, le SC II est constitué par un ensemble de roches très variées, mais présentant pourtant certains caractères communs qui leur donnent un "air de famille". Il s'agit de calcaires par du tout dolomitiques, nettement argileux, généralement à grain fin, de teintes "lavées", souvent zonés. Les couleurs peuvent être extrêmement variées. On rencontre des niveaux oolitiques, des formations stromatolitiques et plusieurs niveaux de cal-

caires clairs à calcite en aiguille, souvent disposée en étoile, qui remplacerait des cristaux de gypse, et dont nous reparlerons plus loin. Certains niveaux sont nettement gréseux.

Au Congo belge, les faciès sont les mêmes.

Au Nord, près de Mouyondzi, V. BABET (1932, p. 101) cite un niveau à Siphonées, puis note la constance des faciès en remontant dans la boucle du Niari.

Dans la région du Mindouli et vers Renéville, la base serait quelquefois dolomitique et le sommet très gréseux ; il existe des niveaux de brèches sédimentaires.

La puissance ne peut être mesurée dans la vallée de la Loudima. En A.E.F. et au Congo belge on l'estime à 200-250 m.

V. BABET souligne l'origine marine de la formation, que prouvent la présence de restes de Siphonées et de gypse. J. COSSON suppose une profondeur de dépôt un peu plus grande que celles de SC I et SC III, avec des conditions bathymétriques assez constantes.

La falaise du plateau de Kissenga, que traverse maintenant la coupe, correspond au contact grès-calcaire.

III Débutant par un horizon brèchique très net, le SC III constitue l'étage supérieur du Schisto-calcaire. Les roches en sont généralement dolomitiques ; on y trouve de nombreux niveaux oolitiques, algaïres ou brèchiques. La partie inférieure comprend une oolite typique d'extension régionale, dite de Kisantu, et d'abondants niveaux à gypse. Le contact avec le Schisto-gréseux se fait de façons variées. L'étude du SC III fera l'objet du chapitre suivant.

La puissance dépasse 300 m au Niari ; elle ne serait que de 250 m au Congo belge.

Au-dessus, et formant la partie verticale de la falaise, nous trouvons les schistes argileux du P_1^a , qui reposent sur le SC III par l'intermédiaire de formations que nous étudierons plus loin (Po).

Ce sont des schistes argileux brun-rouge à lie de vin, généralement micro-gréseux, calcareux et souvent micacés. Ils sont rubannés avec de nombreux niveaux plus ou moins microbrèchiques, des niveaux verts et des ripple-marks.

Au Congo belge, cette description reste valable, ainsi que vers le Nord.

L'indice P_1^a désigne un faciès ; il n'est donc pas logique de lui inclure des niveaux grossiers ou arkosiques par lesquels il débute quelquefois et qui devraient être rangés dans les formations de base Po. Sous cette réserve, c'est un faciès très constant, dont l'épaisseur varie entre 10 et 35 m environ.

P_1^b Avec de nombreuses récurrences, il passe vers le haut à un faciès nettement plus grossier, arkosique de grès-quartzites bruns, lie de vin ou gris-vert, désigné par P_1^b . On y trouve de petites lentilles de schistes argileux brun-rouge. Le grain est moyen (0,3 à 0,5 mm).

Les auteurs belges donnent une description analogue de ce faciès, mais le nomment "quartzite" ; comme nos collègues français, nous préférons le terme de grès-quartzites, car le nourrissage des grains de quartz, qui sont pourtant jointifs, ne s'observe pas dans nos lames minces. Les mêmes roches existent encore au Nord du synclinal.

Les puissances varient entre 15 et 60 m, et selon l'endroit où l'on place les limites.

P_1^c Par des alternances répétées et d'importance croissante de schistes argileux brun à rouge-orangé, on passe au faciès supérieur du P I, le P_1^c , qui forme les sommets du massif de Kissenga. Ce sont des schistes micacés et rubannés, souvent microgréseux, avec passage aux grès-quartzites intercalaires à grain fin ; vers le haut, ils passent à des niveaux moins fins et arkosiques. Ces caractères se retrouvent encore partout. L'épaisseur atteint 300 à 400 m.

Notre coupe retrouve le SC III à Boko-Songo, puis le P I entre la Bodi et la N'Kenké, à nouveau le SC III dans le lit de cette dernière rivière, le P I, le SC III dans la Mounié, enfin le Schisto-gréseux du massif de N'Gouédi. Ce dernier constitue une butte-témoin du plateau des Cataractes. Sur les sommets les géologues de la C.M.C.F. y ont trouvé, surmontant le P I, des roches de l'Inkisi inférieur. Ce sont, en opposition avec celles du M'Pioka, des grès arkosiques grossiers brun-violacé, à galets siliceux aplatis épars dans la masse.

Ailleurs cette série débute par un poudingue lenticulaire de ces mêmes galets, à ciment arkosique.

Au Congo belge, le faciès est identique. L'Inkisi est connu dans la région de M'Passa et de Mindouli, mais pas au Nord du chemin de fer. Vers l'Angola, les roches deviennent plus fines.

Tous les auteurs s'accordent pour reconnaître à l'Inkisi une allure largement transgressive sur le M'Pioka et même le Schisto-calcaire. J. LEPERSONNE, approuvé par P. MACAR, pense que les sédiments qui le composent proviendraient du Nord ; J. COSSON les décrit comme "un dépôt en milieu agité sous faible tranche d'eau", transgressif vers l'Ouest.

b) Histoire du dépôt

Selon les données précédentes, l'histoire du dépôt de toutes ces formations peut se schématiser ainsi :

A la fin de mouvements orogéniques faibles, qui se placent au sommet de la Série de la Louila, s'instaure un régime continental et glaciaire auquel correspond la Tillite supérieure du Niari. Une lente immersion suit cette période, provoquant l'établissement d'une lagune au fond très régulièrement subsident, où se forme la dolomie rose. Puis l'immersion s'accroissant, cette lagune s'ouvre sur la mer, et selon les apports et les mouvements du fond se déposent les calcaires et schistes SC I et SC II (L. CAHEN, 1950-b). Enfin la concentration saline des eaux augmente et, avec les couches dolomitiques du SC III, se termine le cycle schisto-calcaire. Une émergence, peut-être partielle, se serait alors produite et un régime de sédimentation détritique de caractère très différent s'installe et dépose les couches rouges du Schisto-gréseux.

Les conditions de sédimentation de ces ensembles présentent des caractères communs en même temps que des oppositions très nettes :

1) Presque tous les dépôts se sont faits en eau peu profonde. La Tillite est un complexe continental où l'on voit avancer et reculer des glaciers ; les eaux de la "lagune" où s'est formée la dolomie rose étaient très calmes et azoïques (absence totale de matériaux détritiques ou d'origine organique, zonage très régulier, peut-être saisonnier), et pourtant leur extension très grande (de la Boucle du Niari à l'Angola) ; on imagine assez mal cette "lagune", et aucun auteur ne donne une idée précise de sa profondeur.

Du SC $\begin{smallmatrix} b \\ 1 \end{smallmatrix}$ au SC $\begin{smallmatrix} c \\ 1 \end{smallmatrix}$ se produit un approfondissement général, qui, pour J. COSSON semble s'accroître encore avec le SC II.

Les récifs, avec leur cortège d'algues, d'oolites et de microbrèches, apparaissent au milieu du SC $\begin{smallmatrix} b \\ 1 \end{smallmatrix}$ pour persister avec des variations fréquentes jusqu'au sommet du SC III ; ils confirment la nature marine du milieu de sédimentation. Le dernier étage marque partout une diminution de la profondeur qui aboutirait à une émergence. La sédimentation reprend ensuite, toujours sous faible tranche d'eau, en milieu relativement agité dont témoignent les ripple-marks.

Le synchronisme d'ensemble des mouvements du fond du bassin semble assez net.

2) Par contre, les apports ont varié et dans le temps et dans l'espace.

La Tillite est formée de matériaux hétérogènes qui provenaient probablement de l'Ouest, où devait exister une puissante chaîne mayombienne. En effet, sa puissance diminue d'Ouest en Est (L. CAHEN, 1954-c).

Au-dessus s'opposent les dépôts surtout chimiques du Schisto-calcaire et les dépôts essentiellement détritiques du Schisto-gréseux. Les algues ont certainement joué un très grand rôle dans la formation des premiers. On ne trouve pas d'éléments détritiques dans la dolomie rose, mais dès le SC $\frac{b}{1}$, les niveaux gréseux deviennent fréquents, voire abondants ; l'argile existe dès le SC $\frac{a}{1}$. Les différents niveaux gréseux ou argileux se parallélisent assez mal d'une coupe à l'autre ; ils sont en effet plus ou moins lenticulaires et probablement le fait de courants ou d'agitations locales (environs de formations récifales). L'origine du quartz et de l'argile des sédiments schisto-calcaires est inconnue ; une partie en est vraisemblablement authigène.

Les formations a, b, c du P I ne sont que des faciès, d'allure lenticulaire dans le détail, mais leur succession (un niveau arkosique compris entre deux ensembles argileux et microgréseux) se retrouve partout. Les sédiments de l'Inkisi proviennent du Nord, des Monts du Chaillu vraisemblablement ; ils sont transgressifs vers l'Ouest et légèrement discordants sur le M'Pioka.

En résumé, en bordure de la chaîne congolaise, la région du Bassin du Niari, après l'époque de la Tillite supérieure, fonctionne comme un bassin irrégulièrement subsident. Une sédimentation carbonatée liée à une abondante flore algaire correspond à un cycle d'approfondissement limité (maximum au sommet de SC $\frac{c}{1}$), suivi d'une émergence plus ou moins complète. C'est alors qu'apparaît une rapide sédimentation détritique qui, compensant à peu près la subsidence, accumule de puissants dépôts gréseux.

J'étudierai plus spécialement la période régressive du Schisto-calcaire (SC III) et le passage aux sédiments détritiques P I à Boko-Songo.

c) Histoire tectonique

Examinons maintenant l'architecture actuelle de ces couches. Elle résulte d'une histoire tectonique assez compliquée, sur laquelle, dans le détail, l'accord n'est pas tout à fait réalisé. Les séries situées au-dessus de la Tillite inférieure ont été, entre les phénomènes isostatiques de subsidence, affectées par

plusieurs phases de plissements ; le tableau suivant, qui s'inscrit facilement dans le cadre de celui de la page 13, montre que les principaux mouvements sont post-M'Pioka :

J. COSSON 1955		Auteurs belges 1952
Quelques failles, "basculant" des compartiments vers le Sud et l'Est		Failles
Formation de couverture		
(3)	Lacune et discordance importante	Lacune et discordance importante
Inkisi		
(2)	Importante lacune d'érosion Peut-être légère discordance angulaire	Lacune Légère discordance
M'Pioka et formations intermédiaires		
(1)	Lacune partielle Concordance ou légère discordance	Lacune et légère discordance
Schisto-calcaire		

J'examinerai plus loin la question de la discordance grès-calcaire ; de toute façon son ampleur est très réduite. Quelle phase de (2) ou de (3) a été la plus importante ? Il se pourrait que la réponse dépende des régions considérées.

Entre Bingui-Boula et Mindouli, presque toutes les couches sont peu plissées, faiblement ondulées, sauf accidents localisés dont nous reparlerons au chapitre III. En outre, les formations continentales supérieures n'y existent pas ; elles apparaissent vers Renéville, en discordance nette, mais sur le SC III. D'ailleurs, dans toute la région Niari-Bas-Congo, la nature des relations angulaires des formations mésozoïques et cénozoïques avec le schisto-gréseux n'a pas été définie avec précision. La discordance qu'on y place est surtout visible sur carte à petite échelle, dans le cadre de la cuvette congolaise. De Mayama (A.E.F.) à la frontière de l'Angola, le Schisto-gréseux qu'elles recouvrent est quasiment horizontal.

Par contre, J. LEPERSONNE (1951-c) a montré que les plissements principaux affectant le Schisto-calcaire au Bas-Congo et en Angola étaient post-M'Pioka. Les rapports M'Pioka-Inkisi sont ceux d'une légère discordance pour tous les auteurs ; mais l'Inkisi n'existe pas à l'Ouest de Hapilo. Il n'y a donc pas encore d'argument décisif pour y dater la principale phase de plissement.

Les plissements s'atténuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du Mayombe ; mais en même temps on remonte dans la série stratigraphique. Reprenant une idée de V. BABET, précisée par F. BLONDEL, il me semble qu'il y ait eu une certaine continuité dans le temps des mouvements tangentiels. Il devient alors difficile de les séparer des mouvements épirogéniques, ce qui m'amènerait à reprendre ainsi l'histoire tectonique de la région :

Les plissements qui affectent le Schisto-calcaire et le Schisto-gréseux résultent de mouvements verticaux de la chaîne congolaise par "écoulement" vers l'Est de la couverture qu'ils constituent ; ces mouvements se sont poursuivis, d'une manière variable dans le temps et selon les régions, tout au long du dépôt des sédiments dans le bassin de subsidence, qui bordait la chaîne à l'Est, et fonctionnait en même temps. Le début du Schisto-gréseux pourrait correspondre à une accélération relative des mouvements du Mayombe, l'Inkisi pouvant aussi résulter d'une surrection isostatique du Chaillu. La phase finale post-Inkisi a abouti à l'émersion de l'ensemble. C'est peut-être la plus importante en intensité.

Il ne faudrait plus, alors, parler de "poussée" mayombienne ; il n'y aurait plus lieu de distinguer comme le faisait J. COSSON (1953) une "phase tectogénique finale, précédée en cours de sédimentation par des mouvements verticaux cassants, d'origine isostatique". Seuls ces derniers et leurs mouvements relatifs importeraient, provoquant et contrôlant à la fois le dépôt des couches et leur plissement par écoulement. Ils se sont produits le long des lignes structurales du socle.

3°) Résumé

Les roches qui affleurent dans le bassin du Niari et qui y encaissent la minéralisation se sont déposées dans une vaste aire subsidente qui s'étendait en avant de la chaîne congolaise, sur son flanc Est. L'enfoncement de cette zone, synchrone avec la sédimentation, ne s'est pas fait régulièrement, mais par à-coups ; il a, en outre, été troublé par des mouvements cassants qui se sont produits le long d'anciennes lignes structurales du socle, (E.N.E. et subméridienne).

Les couches correspondantes dans la zone minière forment deux ensembles lithologiquement bien distincts : le Schisto-gréseux et le Schisto-calcaire.

Le parallélisme de ces formations avec d'autres, ainsi que leur âge absolu, est un point fort délicat à établir.

PREMIERE PARTIE

STRATIGRAPHIE, PETROGRAPHIE ET TECTONIQUE DE L'ETAGE

SUPERIEUR DU SCHISTO - CALCAIRE (SC III ou C5)

Jusqu'ici les gisements exploités dans le bassin minéralisé du Niari sont tous localisés dans les couches supérieures du Schisto-calcaire.

Ce sont Mindouli, M'Fouati, Hapilo et M'Passa.

Les recherches poursuivies à Boko-Songo ont aussi surtout porté sur cette partie de l'échelle stratigraphique. Ces couches sont donc mieux connues que les autres.

Les travaux entrepris m'ont conduit à en étudier la stratigraphie très détaillée, de façon à pouvoir l'utiliser dans les études structurales. J'ai ainsi abouti à une coupe-type du SC III à Boko-Songo, dont les grandes divisions sont probablement valables à l'échelle régionale, et les subdivisions utilisables dans les futurs travaux locaux. En outre, l'analyse détaillée des éléments de la coupe, les méthodes d'étude employées apportent un certain nombre de données précises sur des problèmes plus généraux de sédimentologie, ainsi que des faits pétrographiques que j'utiliserai dans l'étude métallogénique.

Cette partie comprend donc trois chapitres, consacrés respectivement aux faits stratigraphiques et pétrographiques rassemblés à Boko-Songo, puis à l'étude du SC III sur le plan régional, enfin à la tectonique. Elle est terminée par un résumé succinct (page 109) et des tableaux de données analytiques numériques en annexe.

- CHAPITRE I -

L'ETAGE SC III (C5) A BOKO-SONGO

Les couches du SC III forment le fond de la Cuvette de Boko-Songo et la base des reliefs qui l'entourent. On ne les observe que dans le lit des rivières, quand la pente de ces dernières est suffisante pour débayer les alluvions ; mais ce sont surtout les sondages et les travaux miniers qui en ont permis une étude précise.

Le présent chapitre comprend essentiellement l'examen approfondi des données fournies par ces travaux profonds ; nous les compléterons quelquefois par des informations acquises lors des levés de surface.

Dans tous les cas l'échantillonnage a été fait systématiquement.

a) dans les rivières, chaque banc a été échantillonné dans sa partie la moins altérée ; lorsque le banc était épais (plus de 1 m) plusieurs prélèvements ont été effectués. On doit faire certaines remarques sur les roches ainsi recueillies :

- les roches saines sont très rares, car l'intensité des phénomènes d'altération est telle que même les bancs fraîchement érodés des rivières sont en même temps attaqués chimiquement. Il y a donc lieu de se méfier de certains aspects : par exemple l'oolite de Kisantu est toujours décrite associée à des "marnes" jaunes ; dans les sondages, même carottés à 100 pour cent, ces marnes n'ont jamais été rencontrées ; dans la rivière Kissamba, sur le flanc septentrional des Monts Mabengue à l'Ouest d'Aubeville, j'ai vu le passage latéral de ces argiles jaunes à des calcaires argileux gris-clair, dont elles sont un faciès d'altération.

- la plupart des affleurements montre une silicification plus ou moins intense en surface. Sans l'expliquer en détail, je pense qu'il faut rattacher ce phénomène à tous ceux que l'on a déjà décrits en zones tropicales et équatoriales (J. KIKOINE et H. RADIER, 1949 et 1950) ; J. AVIAS (1949) et M. AUZEL et A. CAILLEUX (1949). Cette silicification provoque souvent une convergence des faciès altérés ; par exemple, dans la N'Kota (affluent de la Loudima à l'Ouest de la Cuvette de Boko-Songo) des oolites du SC III supérieur, entièrement silicifiées, ont, à l'affleurement, le même aspect que l'oolite de Kisantu.

b) dans les sondages au diamant, la qualité de l'échantillonnage dépend essentiellement de celle du carottage. Ce sont en général les bancs tendres et surtout hétérogènes qui se débitent sous l'effort de l'outil de forage ; mais l'eau d'injection ramène les morceaux. Toutes les fois que les sondeurs ont accepté ce souci supplémentaire, j'ai fait procéder à la récupération des matériaux ramenés

par l'eau d'injection. (Cette récupération devient absolument obligatoire dans les zones minéralisées). L'expérience permet souvent de compléter les informations sur les zones mal carottées, à l'aide des indications fournies par les ouvriers-sondeurs sur la vitesse d'avancement du train de sonde, la pression de l'eau d'injection, la résistance à la rotation que doit vaincre le moteur, etc ... Ces indications ont été utilisées au maximum.

c) dans les travaux miniers, les prélèvements ont été faits à la fois de deux façons : unité lithologique par unité lithologique d'une part, et tous les 30 cm de l'autre. Les coupes obtenues sont évidemment les plus parfaites.

Tous les échantillons ainsi recueillis furent triés et classés ; dans ceux que j'ai conservés ont été taillées systématiquement une ou plusieurs plaques minces avec établissement des fiches correspondantes.

L'étude du SC III de Boko-Songo, qui suit, comporte ainsi l'examen de 587 lames minces. Ultérieurement d'autres analyses ont été faites dont je donnerai plus loin le détail.

Les renseignements acquis sont groupés en trois coupes placées respectivement à la Petite Mine, la Grande Mine et Djenguilé (voir la carte de la Cuvette au 1/10 000 hors-texte).

1) Coupe à la Petite-Mine (voir plan des travaux à la Petite-Mine, page 131)

Elle se compose des relevés effectués dans le puits principal, de - 15 m à - 94 m, complétés par une partie des logs des sondages 22 et 26, dont le raccord a pu se faire de manière certaine avec le puits (voir profil n° 1, page 95).

2) Coupe à la Grande-Mine

C'est le log du sondage S. 15, à l'extrémité orientale du chapeau de fer de la Grande-Mine.

3) Coupe à Djenguilé

C'est le log du sondage 60, de 153 à 327 m.

On trouvera ces coupes, ainsi que l'essentiel des données analytiques acquises pour leur étude, sur les planches hors-texte.

Avant d'en aborder l'examen, j'étudierai les méthodes employées, les types de roches rencontrées dans les coupes et les problèmes que soulève leur détermination.

A - METHODES D'ETUDE -

Leur but est d'abord de donner un nom approprié à la roche. En effet, les roches carbonatées du Schisto-calcaire ne peuvent souvent être correctement déterminées par le simple examen macroscopique ; des études en lame mince sont nécessaires pour analyser leur texture et des analyses chimiques pour connaître leur teneur en magnésie par exemple.

Après avoir nommé correctement la roche, les analyses pétrographiques et chimiques apportent ensuite des arguments concernant leur genèse.

Je résumerai ici les méthodes employées, sans en donner les résultats. Ceux-ci seront rassemblés sur les planches annexes d'une part, et sur les descriptions d'échantillons-types de l'autre.

1°) Examen macroscopique. -

Pour les roches du Schisto-calcaire, il comprend la détermination à l'oeil et à la loupe de :

- la structure, c'est-à-dire du litage et de ses particularités ("graded-bedding"⁽¹⁾, stratification entrecroisée, ripple-marks, glissements sous-aquatiques) de l'épaisseur des lits et de leurs alternances.

- la composition approximative de la roche, c'est-à-dire les proportions entre les différents constituants (clastiques, phyllites, carbonates, sels précipités) ;

- certains éléments de la texture qui seront précisés au microscope : cristallinité ou texture spéciale (microbrèche, oolites, etc ...) ;

- la couleur et ses variations (zonage et accidents divers) ;

- la forme et la disposition des géodes et cavités.

Un examen rapide de la dureté permet de différencier le gypse de l'anhydrite (respectivement 2 et 3,5 dans l'échelle de Mohs) quand ils ne sont pas mélangés.

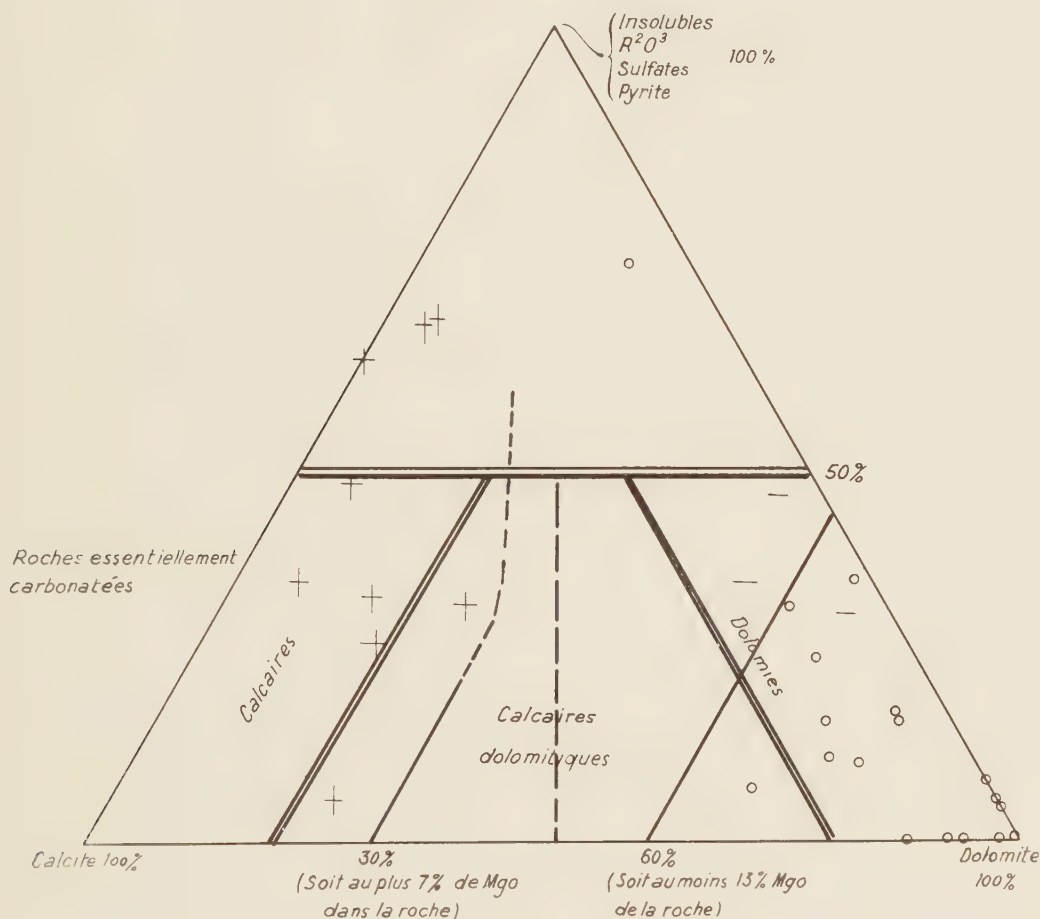
Enfin l'action de l'acide chlorhydrique dilué 1/5 à froid permet une différenciation grossière des calcaires et des dolomies. Sous réserve d'autres

(1) BARREL (1917) : diminution régulière de la granulométrie des constituants de bas en haut d'un lit/sédimentaire.

critères, j'ai adopté les déterminations suivantes :

- nette effervescence : calcaire
- faible effervescence : calcaire dolomitique
- pas d'effervescence (ou très faible) : dolomie.

Il est intéressant de savoir dans le cas des roches du SC III à quoi correspond cette détermination, qui reste la seule praticable sur le terrain au Niari.



- Fig. 4 -

Sur le graphique triangulaire ci-dessus (fig. 4), les sommets du triangle correspondent respectivement à la calcite, la dolomite et la somme des autres constituants possibles (quartz, argile, matières organiques, oxydes et hydroxydes, sulfures et sulfates). Des droites délimitent les domaines des roches essentiellement carbonatées (plus de 50 pour cent de carbonates), des dolomies (au moins 90 pour cent de dolomite dans la phase carbonatée), des calcaires (au moins 90 pour cent de calcite dans la phase carbonatée et des calcaires dolomitiques que nous confondrons avec les dolomies calcareuses (subdivisions selon PETTIJOHN).

Les résultats des analyses que j'ai faites au versénate (cf. plus loin page 34) ont ensuite été reportées sur le graphique, en représentant par un petit cercle les roches sans réaction (ou réaction très faible) à l'acide chlorhydrique dilué 1/5, par une croix les roches à réaction nette ou forte et un tiret horizontal les roches à réaction faible.

On constate immédiatement que toutes les dolomies, au sens de PETTIJOHN, présentent une réaction nulle ou faible, et les calcaires une réaction forte ; plus précisément les roches sans réaction contiennent au moins 13 pour cent de MgO, et les roches à réaction nette moins de 7 pour cent.

2°) Examen microscopique.-

La plupart des lames minces ont été taillées perpendiculairement au litage. Le microscope permet d'apprécier :

- la texture, c'est-à-dire : la taille des grains, quand elle est perceptible au microscope, leurs relations mutuelles et l'arrangement relatif des divers éléments.

- le microfaciès (J. CUVILLIER, 1952) qui, en plus des éléments texturaux, comprendra les oolites, les éléments organiques, les apports détritiques, etc...

- la composition de la roche ; outre les carbonates, présence d'argile, de quartz, de matières organiques ; quelquefois de cristaux de dolomie individualisés, de sulfates, etc ...

3°) Analyses physico-chimiques.-

Pour certains échantillons, des déterminations d'argile ont été faites par Mme G. BONIFAS du Laboratoire de M. G. MILLOT. La méthode employée consiste à attaquer la roche broyée (tamis n° 100) à ClH N/10 tiède, jusqu'à épuisement des carbonates ; le résidu est alors abondamment lavé à l'eau de façon à éliminer tous les ions Cl et à défloculer l'argile. On disperse ensuite par agitation pendant 12 h dans l'eau, et on procède à une sédimentation de 24 h. Après siphonage des parties fines, des plaquettes orientées sont confectionnées par dessiccation. Passées aux rayons X, ces plaquettes donnent un spectre de poudre orientée. La lecture des spectres fournit les distances des plans de grande densité réticulaire.

Certaines roches oolitiques se résolvent au broyage en grains qui ne passent pas sur le tamis ; la fraction analysée risque alors de représenter essentiellement le ciment. Dans ce cas les grains ont été séparés, broyés et traités séparément.

4°) Analyses chimiques. -

Méthode MORET

a) Afin de suivre les variations de teneur en magnésium le long de la meilleure coupe, j'ai d'abord effectué une série de dosages par la méthode de Melle MORET (1949). Son principe est le suivant : une dolomie attaquée par l'acide sulfurique donne une solution de sulfate de calcium et de sulfate de magnésium ; cette solution, neutralisée par le carbonate de calcium, est saturée en sulfate de calcium dont la solubilité est très faible. On mesure alors la conductibilité électrique de cette solution saturée de sulfate de calcium dont les variations ne dépendent que de celles de la teneur en $\text{SO}_4^{4-}\text{Mg}$, donc en MgO de la dolomie primitive.

L'appareil utilisé pour la mesure de la conductivité des solutions est un "Philoscope" construit par Philips (type MS. 342 n° 4 781), alimenté par un générateur haute fréquence de même marque (que nous utilisons habituellement pour l'alimentation d'un oscillographe cathodique) ; le courant du secteur (220 V, 50 périodes) est transformé en 40 V., 1 000 périodes qui alimente le Philoscope (pour éviter les effets de polarisation des électrodes). La cellule à électrodes de platine employée a un coefficient de correction de 1,39. Son fonctionnement a été contrôlé avec une seconde cellule de coefficient 1,49. La méthode à une seule cellule a été la seule employée.

La courbe étalon a été établie pour la température de 25°, selon exactement le même mode opératoire que celui indiqué par Melle MORET, sauf quelques précautions spéciales pour l'état de sécheresse du sulfate de magnésie en atmosphère équatoriale.

Pour les mesures elles-mêmes, j'ai légèrement modifié le mode opératoire de Melle MORET en diminuant un peu la quantité d'acide sulfurique employée et en augmentant celle du carbonate de calcium, ceci dans le but d'obtenir une neutralisation complète, même dans le cas de roches presque sans carbonates.

Les opérations peuvent alors se résumer ainsi :

- prendre 5 g de l'échantillon
- les broyer à 100 mesh
- les mettre dans un bécher de 500 cm³ avec de l'eau distillée (environ 100 cm³) et 40 de solution sulfurique préparée à l'avance (100 cm³ acide pur 65° Be, d = 1,83 pour 1 000 cm³ de solution)
- faire bouillir 20 mn
- ajouter 8 g de CO_3Ca pur et faire bouillir 5 mn
- agiter longuement et à plusieurs reprises, contrôler la neutralisation avec une goutte d'hélianthine
- filtrer sur filtre ordinaire à l'eau distillée chaude dans une fiole jaugée de 500 cm³. Recueillir avec le filtrat les eaux de lavage du précipité
- laisser refroidir à la température ambiante (équilibre thermique) - Compléter à 500 avec de l'eau distillée
- cette dernière solution est employée pour la mesure au Philoscope, dans un

bécher de 50 cm³. La cellule de mesure et le bécher de 50 sont préalablement rincés deux fois avec la solution à mesurer

- la lecture de la résistivité R_t se fait directement sur le cadran du Philoscope, à la sensibilité 100 ohms. On la ramène à la résistivité de 25°, par application de la formule :

$$R_{25} = \frac{100 R_t}{100 - 2,2 dt}$$

t est la température ambiante et $dt = 25 - t$. Dans nos mesures, dt n'a jamais été supérieur à 5°, et le plus souvent inférieur à 3°.

- la teneur en MgO se déduit de R_{25} par report sur la courbe d'étalonnage.

Remarques.-

- A la concentration donnée ci-dessus, l'ébullition pendant 20 mn est suffisante ; des essais sur des durées plus grandes n'ont pas changé les résultats.

- Comme le souligne Melle MORET, il est important de bien agiter et souvent pendant 2 h.

- Il faut laver soigneusement à l'eau distillée chaude, sinon, lorsqu'il est abondant, le précipité de SO^4Ca retient du sulfate de magnésium. J'ai contrôlé ce point en effectuant des lavages ultérieurs du précipité à l'eau distillée chaude et en mesurant la conductivité de cette eau.

- D'une manière générale, il est important de faire très attention aux contaminations possibles des solutions à mesurer ; le rinçage préalable des électrodes et du bécher de 50 cm³ est obligatoire ; la cellule doit, en dehors des mesures, plonger en permanence dans un autre bécher de 50 cm³ plein d'eau distillée que l'on change souvent ; on fera souvent des mesures de vérification sur une eau de résistivité connue et constante.

Compte tenu des erreurs possibles de pesée, de lecture et de fonctionnement du Philoscope en climat équatorial, les résultats ne sont valables qu'à 1 ou 2 pour cent près.

Mais de bien plus graves erreurs s'introduisent sans doute dans l'estimation de la teneur en MgO des roches sédimentaires, ainsi que l'a montré D. REYRE (1954).

Ces erreurs ont deux origines :

- la granulométrie de l'échantillon soumis après broyage à l'attaque,
- l'attaque sulfurique qui, trop violente, altère les minéraux argileux, libérant les ions alcalins qu'ils contiennent ; ces ions donnent des sulfates solubles qui modifient complètement la conductivité des solutions.

Nous verrons plus loin les conséquences que ces erreurs peuvent avoir sur nos analyses.

Cette méthode de mesure a été appliquée du 21 décembre 1952 au 31 juillet 1953 à Boko-Songo à la détermination systématique des teneurs en magnésie le long de la coupe du puits principal.

L'échantillonnage a été effectué tous les 33 cm le long de la génératrice Sud de ce puits, au marteau-piqueur, selon une rainure verticale d'environ 10 cm de large et 3 cm de profondeur.

Afin d'effectuer des mesures valables pour la totalité de l'échantillon dont le poids pouvait dépasser 1 kg, la méthode suivante a été adoptée :

- broyage sommaire de l'échantillon au mortier de fonte
- tamisage de la totalité aux tamis n° 1 et 100 donnant trois fractions granulométriques :

- 1 - plus de 1 mesh
- 2 - entre 1 et 100 mesh
- 3 - moins de 100 mesh

que l'on a pesées.

Trois dosages ont été effectués pour chaque échantillon, sur trois prises par quartage de chaque fraction granulométrique. La teneur adoptée est égale pour chaque échantillon à la moyenne barycentrique des teneurs mesurées sur chaque prise. (Si p_1 , p_2 , p_3 sont les poids de chaque fraction granulométrique et t_1 , t_2 , t_3 les teneurs mesurées sur chacune, la teneur globale adoptée pour l'échantillon est :

$$T = \frac{t_1 p_1 + t_2 p_2 + t_3 p_3}{p_1 + p_2 + p_3} \quad \}$$

Afin d'apprécier les effets de ce "découpage" granulométrique sur la teneur, divers essais ont été faits, dont voici les principaux résultats :

- L'écart entre les fractions 1 et 3 peut atteindre 30 pour cent de la teneur en magnésie moyenne, mais il est généralement inférieur, de l'ordre de 15 pour cent.

- Très souvent, la fraction la plus fine n° 3 accuse une teneur plus forte. Cela peut tenir à la libération par l'attaque acide d'ions alcalins contenus dans l'argile que contient cette fraction ; toutefois ceci peut être compensé par une plus grande pureté en carbonate de la fraction 1 (roches massives donnant des morceaux cohérents) par rapport à la fraction 3 (roches argileuses friables).

- Le choix des limites des trois catégories (1 et 100 mesh) a été justifié par des séries de mesures sur des gammes plus complètes (2, 1, 50, 70, 100, 150 et 200 mesh).

Les teneurs moyennes ont été reportées sur la coupe du puits principal, et on a construit avec elles une courbe des variations de teneur en magnésie. A l'examen, on verra qu'elle reflète assez fidèlement les variations lithologiques. Fait plus important à mon sens, ses oscillations les plus marquées correspondent le plus souvent à des faits saillants de la sédimentation (arrêt, changement de nature, apport brusque, etc ...)

Mais sa valeur est purement locale ; si on peut songer à l'utiliser pour

étayer l'analyse d'une coupe donnée, on ne peut s'en servir pour faire des corrélations.

Les mesures systématiques de teneur en magnésie ont été faites sur le chantier en 1953, avant le travail de D. REYRE.

Aussi en 1955, ai-je repris l'analyse d'un certain nombre d'échantillons par la méthode chimique dite "au versénate", que préconise ce dernier.

Méthode au versénate

b) L'analyse par cette méthode consiste à former dans certaines conditions des complexes organo-métalliques de Ca et Mg avec le versénate disodique (sel sodique de l'acide éthylène-diamine tétracétique). On suit la réaction en ajoutant à la solution étudiée d'autres complexes organo-métalliques, colorés, dont la couleur change lorsque tous les ions métalliques ont été "capturés" par le versénate incolore.

Ces indicateurs sont la murexide qui donne un complexe coloré avec le calcium $^{++}$, et le noir ériochrome T qui en forme un avec Mg $^{++}$; je renvoie à la note de D. REYRE et à sa bibliographie pour la discussion détaillée des conditions opératoires, la méthode à suivre et la préparation des réactifs.

J'ai appliqué cette méthode à 35 échantillons de types divers pour y doser CO_2 , CaO et MgO. Je n'y ai pas recherché le fer, parce qu'en plaque mince celui-ci est toujours apparu en très petite quantité.

Le mode opératoire employé est le suivant :

- peser 1 g de roche broyée passée au tamis n° 100 et attaquer pendant 5 mn d'ébullition par 250 cm^3 de $\text{ClH N}/10$
- filtrer et laver à chaud ; examiner attentivement à la binoculaire les insolubles qui restent sur le filtre
- amener le filtrat refroidi à 500 cm^3 dans une fiole jaugée. En prélever 200 cm^3 d'une part et 100 cm^3 de l'autre (solution-mère)
- faire bouillir les 200 cm^3 précédents pendant 2 à 3 mn avec 5 gouttes de H_2O_2 (à 110 volumes) et 10 cm^3 de ClNH_4 à 15 pour cent. Ajouter ensuite 3 cm^3 de NH_4OH concentré. Contrôler au papier le pH, qui doit être supérieur à 8 (précipitation des hydroxydes)
- filtrer et laver soigneusement à chaud (en pH 8), examiner le précipité ou le floculat (hydroxyde de fer, alumine ou phosphate)
- amener le filtrat refroidi à 500 cm^3 dans une fiole jaugée F.

Dosages :

1) CO_2

- reprendre la fiole de 100 cm^3 de la solution-mère et titrer par la soude normale à l'hélianthine. Soit n le nombre de cm^3 de soude versée. La quantité de CO_2 en pour cent du poids de la roche est égale à 11 . (5-n)

2) CaO

- prendre 20 cm^3 dans la fiole F et les ajouter dans un bécher de 250 à 100 cm^3

- d'eau distillée, 1/2 g du mélange murexide-chlorure de sodium et 5 cm³ de solution tampon à pH 12
- titrer au versénate jusqu'à coloration violet chou-rouge, et soit p le nombre de cm³ de versénate et a son équivalent en CaO en présence de murexide (cf. plus loin). La quantité de CaO en pour cent du poids de la roche est égale à $\frac{25 \text{ p. a}}{4}$

3) MgO

- prendre 20 autres cm³ dans la fiole F et les ajouter dans un bécher de 250 cm³ à 100 cm³ d'eau distillée, 35 gouttes de la solution de noir ériochrome T et 10 cm³ de la solution tampon à pH 10.
- titrer au versénate jusqu'à coloration franche bleu de Prusse, et soit q le nombre de cm³ de versénate utilisée et b son équivalent en CaO en présence d'ériochrome noir T. La quantité de MgO en pour cent du poids de la roche est égale à $\frac{25 (qb - pa)}{5,6}$

Vérification.

En l'absence de phosphates (ce qui est pratiquement le cas des roches du SC III d'après d'autres analyses) on compare la quantité de CO² trouvée à celle qui est théoriquement nécessaire pour fixer CaO et MgO trouvés, soit

$$\underline{0,786 \text{ (pour cent CaO)} + 1,1 \text{ (pour cent MgO)}}$$

ou

$$\underline{4,529 \text{ p. a} + 0,196 \text{ q. b}}$$

L'écart entre les deux valeurs doit être inférieur à 3 pour cent ; il est resté le plus souvent inférieur à 1 pour cent, les cas aberrants étant dûs à la présence de gypse ou d'anhydrite. Comme le souligne D. REYRE, cette précision est suffisante pour la détermination pétrographique dont nous avons besoin, d'autant que je n'ai pas ici tenu compte du fer.

Pour mes expériences, les équivalents de la solution de versénate étaient :

- pour CaO, en présence de murexide : a = 0,555
- pour MgO, en présence de noir) : b = 0,525
ériochrome T

Comparaison des deux méthodes précédentes :

c) Cette seconde série de mesures, au laboratoire, a eu pour objet, d'une part de préciser la composition de certains échantillons-types, d'autre part, de se rendre compte de la précision relative de la méthode de Melle MORET.

En ne considérant que les écarts supérieurs à 3 pour cent, examinons chaque cas :

37,70 m - L'échantillon analysé au versénate correspond à un petit banc dur au milieu d'une couche schisteuse et bréchique.

56,30 m - A cet endroit, la sédimentation est très irrégulière : des lits argileux rouges alternant avec des petits bancs de dolomie ou de calcaire dolomitique.

66,70 m - L'échantillon est pris dans un petit banc de dolomie zonée argileuse, entourée de dolomies foncées plus pures.

77,20 m - Lit de schiste calcaireux entre des dolomies. Pourtant la valeur MORET est certainement trop forte.

Le tableau suivant donne dans le puits principal la comparaison entre les teneurs données par chaque méthode :

Cote de l'échantillon (ramenée au Sud)	Teneur MgO pour cent M. MORET	Teneur MgO pour cent versénate	Ecart
21,40	12	14,7	2,7
34,30	3	4,2	1,2
37,70	9	15,6	6,6
41,50	16	17,4	1,4
50,20	18,5	20,9	2,4
56,30	18	5,9	12,1
63,60	2	2,2	0,2
63,90	1,5	0,9	0,6
66,70	21	16,9	4,1
70,80	18,2	16,2	2
76	18	21,9	2,9
77,20	19	0	19
88,70	20	20,2	0,2
88,80	20	20,4	0,4

La plupart du temps les écarts importants sont explicables par les différences d'échantillonnage, selon la nature plus ou moins variée de la sédimentation. Mais les causes d'erreurs signalées par D. REYRE jouent aussi certainement, en particulier pour les niveaux les plus argileux.

En remarquant que cette dernière cause d'erreur (l'attaque des argiles) joue, dans des conditions opératoires semblables, en fonction de la teneur en argile, donc d'un caractère de la roche, la courbe "MORET" garde une certaine valeur relative.

Vérification de la présence de matière organique.

d) Sans faire de dosage précis, j'ai voulu m'assurer sur un certain nombre d'échantillons qu'ils contenaient bien de la matière organique. J'ai appliqué la méthode qualitative suivante :

- sur un gramme de roche broyée, faire agir en chauffant au creuset de platine 10 cm³ d'acide fluorhydrique additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique, de façon à en ramener le volume à environ 8 cm³.
- verser alors le contenu du creuset dans un bécher de 600 cm³, à moitié plein d'une solution d'acide borique 1/20, additionnée de quelques gouttes de SO⁴H².
- la matière organique, quand elle existe, se voit alors dans le bécher sous forme de fines paillettes noires que l'on peut sédimenter.

B - DESCRIPTION DES PRINCIPAUX TYPES DE ROCHES RENCONTREES -

Comme je l'ai déjà indiqué, l'essentiel des données analytiques rassemblées sur les roches du SC III se trouve groupé sur les coupes annexées dans leur ordre

stratigraphique. Plutôt que d'entreprendre par ailleurs la description de nombreux échantillons, je donnerai ici l'étude très détaillée de quelques échantillons-type choisis. Ces études suivront toutes le même plan et seront ordonnées selon une succession que je justifierai plus loin.

1°) Roches surtout argileuses.-

Je n'ai pas rencontré de Schiste argileux proprement dit, en lit d'épaisseur supérieure à quelques centimètres. On trouve d'une part des joints argileux toujours plus ou moins rubéfiés qui se délitent en plaquettes extrêmement minces, sur lesquelles on observe parfois des plages noires anguleuses (restes organiques ?) d'autre part de minces niveaux d'argile gris-clair. Aucune analyse pétrographique ou chimique n'a été faite sur ces niveaux ; les premiers sont très fréquents (jusqu'à plusieurs par mètre d'épaisseur), les seconds beaucoup plus rares.

Schistes carbonatés.

a) Par contre, les schistes carbonatés sont très fréquents.

Type : ECHANTILLON PRELEVE AU PAREMENT OUEST DU Puits PRINCIPAL A 78 m.

- La roche a l'aspect d'un schiste oeilé induré. Elle se débite assez facilement, surtout dans l'eau. La couleur est gris très clair homogène, la cassure irrégulière ou selon le litage, avec un grain cristallin par places. Violente réaction à l'acide dilué. D'autres échantillons analogues ont une couleur rubannée rouge-brun et gris.

- En plaque mince (voir photo n° 6, pl. III) on observe une alternance de lits irréguliers de calcite microcristalline et de matière argileuse avec quelques grands cristaux d'un minéral du groupe du talc.

La calcite se présente en cristaux sans forme propre, de taille régulière (environ 0,1 mm). Les lits argileux, brun-sombre, se superposent souvent à un fond carbonaté ; leur texture est stratifiée, ou en flocons alignés ; souvent l'argile enveloppe des cristaux de calcite.

Dans les plaques d'autres échantillons, l'argile forme même un réseau qui emprisonne les grains de quartz dans les schistes microgréseux (voir photo n° 7, pl. III, 63,90 m dans le puits).

- L'analyse chimique au versénate a donné les chiffres suivants :

CO_2 = 59,8 pour cent

CaO = 22,9 pour cent

MgO = .0 pour cent

Insolubles abondants formés d'argile et de quartz très fin (qu'on ne voit d'ailleurs pas dans la plaque mince).

Il y a donc 41 pour cent de calcite pour 59 pour cent d'insolubles surtout argileux.

- Cette roche est un "SCHISTE CALCARIFERE NODULEUX" ou une "marne schisteuse" au sens de L. CAYEUX, dérivant d'une ancienne boue calcaire, chargée de matière argileuse. Pour PETTIJOHN, il s'agirait de "marl".

Remarque.-

Je n'ai pas rencontré de schiste carbonaté contenant beaucoup d'argile (plus de 40 pour cent), qui soit dolomitique.

Roches sédimentaires.

b) Il existe enfin des roches riches en argile, schisteuses et calcaireuses

mais de texture bréchique. Elles alternent souvent avec des roches du type précédent.

Type : ECHANTILLON PRELEVE AU PAREMENT SUD DU PUITZ PRINCIPAL A 93,50 m DE PROFONDEUR.

On distingue des éléments de calcaire gris à grain fin, de taille variable, enrobés dans une pâte essentiellement argileuse gris plus clair. La roche est très friable, surtout quand elle est sèche ; elle est nettement schisteuse.

En plaque mince, les éléments, anguleux le plus souvent, se révèlent formés de carbonate crypto-cristallin, dans un ciment tantôt argileux tantôt carbonaté vaguement lité, analogue à la roche précédente, mais contenant quelques cristaux de quartz microcristallins.

Il s'agit d'une BRECHE SEDIMENTAIRE argilo-calcareuse et schisteuse.

Du point de vue de sa genèse, nous remarquerons avec A. CAYEUX, que le ciment est à lui seul un sédiment typique qui rend compte des principales conditions de dépôt.

2°) Roches surtout carbonatées.-

Sur le graphique triangulaire de la page 29 on peut remarquer que les calcaires semblent pouvoir contenir des proportions quelconques de matières étrangères alors que les dolomies sont relativement plus pures. (La roche située en haut du graphique - 10 pour cent seulement de carbonate - est très spéciale ; c'est l'oolite de Kisantu que nous examinerons plus loin).

Je décrirai donc ici :

d'une part

- un type de calcaire, d'ailleurs peu dolomitique, mais sans éléments étrangers
- un type de calcaire très chargé en impuretés

d'autre part

- une dolomie foncée massive microscristalline
- une dolomie claire cryptocristalline
- une dolomie en plaquettes.

Pour chacun de ces types existent des brèches sédimentaires formées d'un seul type ou de plusieurs d'entre eux.

Nous en prendrons une typique que je décrirai en détail.

Calcaire

a) Calcaire.

Type : CAROTTE A 85 m DANS LE SONDAJE S. 15 A LA GRANDE-MINE.

- C'est un calcaire cristallin saccharoïde gris-noir à cassure anguleuse, vaguement lité. La réaction à l'acide est forte.

- L'analyse donne en effet :

$$\text{CO}_2 = 41,25 \text{ pour cent}$$

$$\text{CaO} = 46,1 \text{ pour cent}$$

$$\text{MgO} = 5,18 \text{ pour cent}$$

Insolubles : argile grise

soit 71 pour cent de calcite, 24 pour cent de dolomite et 5 pour cent d'insolubles.

C'est donc un "CALCAIRE DOLOMITIQUE UN PEU ARGILEUX".

b) Calcaire impur.

Type : ECHANTILLON PRIS AU PAREMENT SUD DU Puits PRINCIPAL, A 63,60 m.

- C'est un calcaire hétérogène en petits bancs : dans une pâte grise, on distingue des éléments noirs, soit ponctuels, soit aplatis et allongés selon le litage ; la surface de ces éléments est noire et brillante. Par endroits il y a des nodules de calcite blanche, souvent reliés par de minces lits de calcite. La cassure est irrégulière, la réaction à l'acide franche.
- Au microscope, on observe des cristaux ovoïdes de calcite, d'environ 0,2 mm de diamètre, dont les interstices sont remplis par de l'argile jaunâtre à biréfringence élevée. Ces éléments argileux affectent une disposition vaguement litée. Les cristaux de calcite sont souvent troublés par des inclusions organiques que révèle l'analyse qualitative (voir page 36). On voit enfin quelques rares quartz détritiques très petits.
- L'analyse au versénate donne les résultats suivants :
 $CO^2 = 24,2$ pour cent
 $CaO = 30,5$ pour cent
 $MgO = 2,2$ pour cent

Insolubles : quartz

soit 5,6 pour cent de dolomite, 49,4 pour cent de calcite et 45 pour cent d'autres matières, surtout de l'argile.

- Afin de connaître cette dernière, une étude aux rayons X a été faite (fig. 8, pl. IV). Les raies les plus fortes correspondent aux distances réticulaires suivantes en angströms : 9,25 - 4,70 - 3,12 - 2,48 - 1,53 ; et les raies subordonnées à : 4,49 - 3,34 - 2,62 - 2,23 - 2,10 - 1,88 - 1,66 - 1,33.

Il s'agit donc essentiellement de talc, avec peut-être un peu d'illite.

A l'appui de cette détermination, on trouvera sur la fig. 8bis, pl. IV, le spectre du talc de Luzenac, obtenu dans le même laboratoire avec le même appareil.

Il s'agit d'un CALCAIRE MAGNÉSIEU FORTEMENT TALQUEUX.

Variétés :

Dans d'autres roches analogues, la structure est souvent noduleuse, les lits argileux alternant avec les lits de calcite et ces derniers se renflant par place en nodules de quelques millimètres de diamètre. Si les lits argileux s'anastomosent, on a une texture "maillée" bien visible sur de nombreuses photos des coupes hors-texte. Ailleurs la matière argileuse se développe en longs filaments ou en ovoïdes de tailles diverses ; on passe ainsi aux microbrèches organiques.

En règle générale, toutes ces roches riches en éléments non carbonatés sont peu magnésiennes, la teneur en dolomite étant généralement comprise entre 5 et 10 pour cent

Dolomie foncée cristalline.

c) Dolomie foncée cristalline.

Type : ECHANTILLON PRIS AU PAREMENT NORD DU Puits PRINCIPAL, A 51 m.

- C'est une dolomie noire massive, à cassure esquilleuse et brillante. La roche est très dure et sonne au marteau. On n'y distingue aucun litage ; la réaction à l'acide est nulle.
- En lame mince, la texture est microcristalline très fine ; c'est une mosaïque de très petits cristaux, un peu zonée, traversée par un filonnet très mince de quartz d'origine secondaire. Le zonage est dû à des variations de la taille des microcristaux. Le fond cristallin présente des sortes d'ombres granuleuses que je n'ai pu déterminer (variation dans la cristallinité, argile ou matière

organique). Ces granulations semblent liées aux bancs à stromatolites.

- L'analyse chimique donne les teneurs suivantes :

$\text{CO}^2 = 46,2$ pour cent

$\text{CaO} = 30,3$ pour cent

$\text{MgO} = 20,95$ pour cent

Insolubles : un peu de quartz

c'est-à-dire 96 pour cent de dolomite pour 4 pour cent de quartz.

Ce type de roche est un des plus fréquents du SC III. Avec de légères variations dans la taille des cristaux, dans l'allure du zonage, on retrouve partout ces dolomies très pures et foncées, seulement un peu siliceuses, le quartz étant souvent secondaire.

Ce sont des DOLOMIES MICROCRISTALLINES.

Dolomie claire cryptocristalline

d) Dolomie claire cryptocristalline

Type : ECHANTILLON PRIS AU PAREMENT SUD DU Puits PRINCIPAL A 66,70 m.

- La roche est gris-souris très finement zonée en une succession de bandes claires et plus foncées. La cassure est conchoïdale, avec quelquefois influence du zonage. L'échantillon, un peu "savonneux" au toucher, ne donne aucune réaction à l'acide.

Le zonage présente quelques irrégularités : amygdales interstratifiées, très minces lits bréchiques, diaclases refermées le long desquelles les zones se tordent un peu, ondulations de ces zones.

- Au microscope, la texture est cryptocristalline, mais avec des variations du grain qui provoquent le zonage. Celui-ci se retrouve en plaque mince jusqu'à des zones d'épaisseur inférieure à 0,2 mm. On retrouve aussi des microamygdales, des lits microbréchiques avec quelques menus quartz, secondaires ou détritiques, et des microdiaclases.

- A l'analyse, on trouve :

$\text{CO}^2 = 39,6$ pour cent

$\text{CaO} = 28,3$ pour cent

$\text{MgO} = 16,9$ pour cent

Insolubles : quartz très fin, un peu de pyrite, un peu d'argile, soit 78 pour cent de dolomite, pour 12,6 pour cent de calcite et 9,4 pour cent d'autres matières.

- L'étude aux rayons X montre des raies correspondant aux distances réticulaires suivantes (cf. Fig. 9, pl. IV) :

13,77 - 7,11 - 4,70 - 3,58 qui sont celles de la chlorite

9,37 - 4,70 - 3,34 - 3,12 - 2,48 - 1,68 qui sont celles du talc, enfin

5,02 - 4,29 - 1,40 non attribuées.

C'est une DOLOMIE ZONÉE CRYPTOCRISTALLINE.

Variétés.

Cette sorte de roche est aussi très fréquente dans le SC III. Le zonage peut être plus ou moins apparent ; la pâte dolomitique peut être quelquefois char-

gée en silice ou en argile, mais toujours en proportion inférieure à 20 pour cent. Au niveau 66,30 m du puits principal existe un lit d'une dolomie très blanche et très pure, de 8 à 12 cm d'épaisseur. Il n'y a aucun litage ni zonage interne ; la roche a un toucher savonneux, est tendre, happe à la langue, et n'a aucune réaction à l'acide dilué. Même en plaque mince, le grain n'est pas visible ; on n'aperçoit qu'un fond homogène cryptocristallin irisé. Cette roche ne fait pas pâte avec l'eau ; les rayons X confirment qu'il s'agit bien d'une dolomie.

omie en plaquettes

e) Dolomie en plaquettes.

Type : ECHANTILLON PRELEVE AU PAREMENT EST DU Puits PRINCIPAL A 88,70 m.

Par accentuation du zonage des roches précédentes, on passe aux dolomies en plaquettes. Le type choisi se présente comme une dolomie grise foncée, mais divisée en lits d'épaisseur variant de 0,1 à 1 cm par des discontinuités. Les plaquettes sont plus ou moins ondulées.

Elles sont elles-mêmes zonées, avec quelquefois des passées microbréchiques. Pour chaque plaquette, la cassure est esquilleuse, parfois un peu cristalline. La réaction à l'acide est nulle. Parfois les plaquettes présentent sur leur surface un léger enduit brun ou un aspect grenu.

- En plaque mince, on voit une pâte carbonatée microcristalline, dont les cristaux sont engrenés ; des zones de 3 à 5 mm d'épaisseur sont produites par des variations de la taille des cristaux. En dehors d'un petit "nid" de cristaux de quartz, on ne voit dans la plaque qu'un filonnet de calcite.

- A l'analyse, on trouve :

$CO^2 = 45,1$ pour cent

$CaO = 29,9$ pour cent

$MgO = 20,2$ pour cent

Pratiquement pas d'insolubles.

Soit 94 pour cent de dolomite et 6 pour cent de calcite, qui est probablement secondaire.

Nous avons affaire à une DOLOMIE MICROCRISTALLINE ZONÉE.

Variations.

Très fréquent aussi, ce genre de roche peut être plus ou moins chargé en quartz, ce dernier pouvant même envahir toute la roche. Souvent la granulation "stromatolitique" évoque l'origine algaire.

che sédimentaire

f) Brèche sédimentaire.

Type : ECHANTILLON PRELEVE AU PAREMENT NORD DU Puits PRINCIPAL A 35,50 m.

- C'est une roche grise massive d'aspect bréchique très net. Le ciment généralement plus clair a un grain très fin ; il fait vivement effervescence à l'acide. Dans le puits, cette brèche se présente en un lit continu de 15 à 20 cm d'épaisseur, lui-même dans une formation de calcaires microbréchiques et bréchiques.

Les éléments sont de deux sortes :

les premiers sont petits, d'un diamètre inférieur au centimètre, et le plus souvent de l'ordre du millimètre ; la plupart sont de dolomie gris-clair ou café au lait, où l'on voit souvent encore le zonage ; quelques-uns sont de calcaire foncé ; d'autres enfin représentent des accidents siliceux du ciment.

les autres ont un diamètre supérieur au centimètre, et comprennent surtout des morceaux des calcaires microbréchiques schisteux environnants, les morceaux de dolomie étant plus rares.

- La plaque mince taillée dans cet échantillon est particulièrement belle (voir photo n° 10, pl. III). Le ciment originellement cryptocristallin est en voie de recristallisation ; il est essentiellement calcaire ; mais on trouve quelques rares microbrèches de dolomite.

Les éléments sont variés :

Il y a d'abord de grands morceaux à bords francs de calcaire microcristallin chargé en matière organique et argileuse.

D'autres éléments calcaires sont purs, mais de texture grumeleuse.

On voit dans la plaque quelques flots de quartz en très petits cristaux, recristallisé. Certaines parties organiques des éléments ont subi un début de silicification.

Il y a aussi un fragment talqueux.

La plupart des éléments sont complètement silicifiés, à bords francs et anguleux ; il en existe dans la plaque quelques-uns dont la bordure est émoussée, avec un enduit noirâtre, qui pourrait être de dissolution.

- La roche a la composition suivante :

$$\text{CO}^2 = 30,8 \text{ pour cent}$$

$$\text{CaO} = 35,5 \text{ pour cent}$$

$$\text{MgO} = 4,25 \text{ pour cent}$$

Insolubles : traces de pyrite, quartz et argile ; ce qui correspond à 57 pour cent de calcite, 19 pour cent de dolomite et 24 pour cent d'éléments non carbonatés.

Il s'agit donc bien d'une BRECHE SEDIMENTAIRE, à ciment calcaire en voie de recristallisation et de dolomitisation, avec un début de silicification ; les éléments proviennent des couches sous-jacentes.

3°) Roches contenant des sulfates.-

Ce sont essentiellement des dolomies à anhydrite ou gypse, qui peuvent être plus ou moins argileuses.

Dolomie à anhydrite

a) Dolomie à anhydrite interstratifiée.

Type : CAROTTES A 142 m DANS LE SONDAGE n° 42 A DJENGUILLE.

- La dolomie est gris-foncé, à cassure conchoïdale brillante ; elle est finement zonée. L'anhydrite forme des lits irréguliers interstratifiés, et remplit par ailleurs les diaclases. Les contacts entre dolomie et anhydrite sont nets.
- En lame mince, l'anhydrite est grenue et la dolomie microcristalline est zonée ; elles forment des lits bien séparés.
- L'analyse chimique de la dolomie seule donne :

$$\text{CO}^2 = 40,2 \text{ pour cent}$$

$$\text{CaO} = 22,1 \text{ pour cent}$$

$$\text{MgO} = 20,6 \text{ pour cent}$$

soit 95 pour cent de dolomite et 5 pour cent d'insolubles, surtout du quartz.

En résumé dans cet échantillon, il y a deux roches : l'ANHYDRITE d'une part, la DOLOMIE de l'autre, en lits séparés mais interstratifiés.

Variations.

Ailleurs la dolomie peut être un peu argileuse ; elle peut être remplacée par un calcaire microbrèche plus ou moins dolomitique.

Dolomie à anhydrite et gypse mélangés

b) Dolomie à anhydrite et gypse "mélangés".

Type : CAROTTE A 149 m DANS LE SONDAGE 42 A DJENGUILLE. (Voir photo n° 11, pl. III).

- La roche a l'aspect d'un schiste amygdaloïde. Des lits microcristallins gris, soulignés de noir, emballent des "yeux" d'anhydrite blanche. La réaction à l'acide est nulle.
- Au microscope on voit des sortes de paillettes allongées de carbonate en texture ophitique, et intimement mélangées à un fond grenu d'anhydrite et de gypse. Aux forts grossissements, les cristaux de carbonate montrent une tendance automorphe vers les formes rhomboédriques ; gypse et anhydrite sont étroitement associés en texture graphique. Parfois la dolomie contient des inclusions noires, probablement organiques.

Anhydrite et gypse purs

c) Anhydrite et gypse purs.

Type : CAROTTE A 221,50 m DANS LE SONDAGE n° 60 A DJENGUILLE (voir photo n° 12, pl. III).

- Les parties d'anhydrite plus dures se différencient facilement de celles de gypse, car elles sont blanches et en relief, alors que le gypse est translucide, bleuté, en creux. Quelques rares petits morceaux de dolomie "flottent" ça et là. L'anhydrite est disposée en lentilles anguleuses stratifiées et emballées dans le gypse.
- En lame mince, ce dernier semble nettement remplacer l'anhydrite. Mais les cristaux de l'un et l'autre sulfate, de grain moyen, forment une mosaïque régulière, sans déformation flexueuse, ni trace d'effort mécanique.

4°) Roches organogènes.

Elles sont très fréquentes dans le SC III et mériteraient une étude particulière. Des restes attribués soit à des Schizophycées, soit même à des Siphonées ont été découverts à la base du SC III et dans le SC II.

Microbrèche algaire

a) Microbrèches algaires.

En dehors des structures plus ou moins organisées, on peut trouver dans les préparations minces des éléments contournés ou granulaires, irrégulièrement stratifiés dans une pâte carbonatée. Les uns sont formés de matière argileuse, les autres de matière organique, les autres enfin de carbonate cryptocristallin ; mais leurs formes restent semblables.

Je prendrai pour type une roche où on rencontre ces diverses formes mélangées :

LA CAROTTE A 256,50 m DANS LE SONDAGE n° 60 A DJENGUILLE.

- La roche a un aspect "gréseux", elle est grise. A la loupe, on y voit une grande

quantité de petits points noirs de formes diverses, l'ensemble étant vaguement lité. La cassure est grenue et la réaction à l'acide est faible, mais nette.

- En lame mince (voir photo n° 13, pl. V), on voit une pâte microcristalline de calcite, avec un début de dolomitisation qui efface les structures organiques. Celles-ci sont des formes contournées allongées ou ovoïdes. Ces formes peuvent être constituées par une substance jaunâtre en lumière naturelle, de biréfringence variable, tantôt haute, tantôt faible, souvent mêlée de corpuscules brun-noir isotropes flous ; c'est alors un minéral chloriteux avec inclusions de matière organique. D'autres ont une enveloppe cryptocristalline très fine et l'intérieur est rempli de quartz ; d'autres enfin montrent un stade intermédiaire où le quartz commence à remplacer l'argile et la matière organique.

C'est une MICROBRECHE ALGUAIRE.

Il en existe de très nombreuses variétés dans le SC III, montrant un stade plus ou moins avancé de silicification. Ces roches sont peu dolomitiques, car la dolomitisation en efface la structure. Outre le quartz secondaire de silicification, on y rencontre parfois du quartz détritique en petits éléments disséminés.

Stromatolites

b) Stromatolites

On en rencontre plusieurs niveaux dans le SC III.

Type : CAROTTE A 125 m DANS LE SONDAGE S.15 A LA GRANDE-MINE.

- C'est une dolomie en très fines plaquettes recourbées et déposées selon la structure concentrique des formations stromatolitiques ; de fins lits foncés alternent avec des lits un peu plus épais et clairs. La cassure est conchoïdale, la réaction à l'acide absolument nulle.
- En plaque mince, on observe une alternance de lits microcristallins épais de 0,5 à 2 mm avec des lits cryptocristallins plus sombres et plus minces de 0,05 à 0,5 mm. Ces lits sont remarquablement continus et parallèles dans toute la plaque (voir photo n° 14, pl. V), ils sont quelquefois très légèrement plissotés.
- L'analyse chimique montre que la roche contient 88 pour cent de dolomite, pour 12 pour cent de calcite, sans impuretés :

CO_2 = 46,7 pour cent

CaO = 31,7 pour cent

MgO = 19,1 pour cent

Pas d'insolubles.

- Afin de confirmer cette pureté en carbonate, une recherche d'argile sur une plus grande quantité de roche (10 g) a été faite ; elle n'a montré que quelques raies très faibles, peut-être dues à l'illite.

Cette roche stromatolitique est une DOLOMIE A PEINE CALCARIFERE ZONEE.

5°) Roches oolitiques.

Très fréquentes et très variées, on peut de suite y distinguer deux grands groupes dans lesquels nous choisirons un type chacun :

- les oolites carbonatées
- les oolites "chloriteuses", dites de Kisanu.

ites carbonatées

a) Oolites carbonatées.

Type : ECHANTILLON PRIS AU PAREMENT SUD-EST DU Puits PRINCIPAL A 57,30 m.

- La roche a l'aspect d'un micropoudingue. Elle est grise et sans réaction à l'acide (voir photo n° 15, pl. V). On y voit des pisoolites assez régulières d'un diamètre variable entre 0,5 et 3 mm en moyenne, surtout voisin de 2 mm, prises dans un ciment à grain fin de même couleur.
- En section polie, les oolites ont une apparence concentrique, et sont souvent enveloppées d'une fine pellicule blanche. On voit quelques quartz dans le ciment.
- En plaque mince (voir photos n° 16, pl. V et n° 17, pl. VI) les oolites se montrent parfaitement arrondies, formées de carbonate cryptocristallin en zones très finement concentriques. Des fissures de retrait irrégulièrement disposées donnent parfois un aspect rayonné. Les oolites sont presque jointives. Le noyau est de carbonate cryptocristallin le plus souvent, quelquefois un corpuscule jaunâtre en lumière naturelle, polarisant dans les gris-bleu du premier ordre. Le ciment est composé de dolomite cristalline, avec de nombreux quartz interstitiels de silicification.
- La composition chimique est la suivante :

CO_2 = 43,4 pour cent

CaO = 28,3 pour cent

MgO = 22,2 pour cent

Insolubles : quartz et matière charbonneuse, soit pratiquement 100 pour cent de dolomie.

La plupart de ces caractères se retrouvent dans les autres niveaux oolitiques carbonatés. Et partout : les oolites sont finement concentriques, la silicification est plus fréquente que dans les autres roches, la teneur en magnésie est souvent élevée.

ites "chloriteuses"

b) Oolites "chloriteuses".

Type : CAROTTE A 259,30 m DANS LE SONDAGE n° 60 A DJENGUILLE.

- La roche a l'aspect d'un micropoudingue à éléments irréguliers noirs et à ciment blanc, elle est tendre et sans réaction à l'acide. On la trouve généralement en lits peu épais (de 1 à 10 cm). Les corpuscules noirs sont très tendres alors que le ciment blanc est dur, si bien que souvent à l'affleurement les premiers sont dissous et la roche a un aspect extrêmement vacuolaire, spongieux, caractéristique.
- Au microscope (voir photo n° 18, pl. VI) les oolites apparaissent formées d'une matière jaunâtre qui polarise dans des teintes variables en très fines zones concentriques que les auteurs (V. BABET, 1932, page 105; J. NICOLAI, 1952) ont jusqu'ici rapportées à la chlorite. Beaucoup d'oolites sont tordues ou brisées.

Le ciment est carbonaté, cryptocristallin, très silicifié.

- L'analyse chimique donne : 3,8 pour cent de CO_2 ; la roche est très pauvre en carbonates.
- Aux rayons X, les plans réticulaires principaux correspondent aux raies suivantes (cf. fig. 19, pl. III) :

9,2 Å - 4,55 - 3,13 - 2,49 - 1,54 qui sont celles du taic.

On ne trouve aucune raie de chlorite. Un autre spectre du talc de Luzenac sert de comparaison, démonstrative sur la figure.

Afin d'obtenir une confirmation de la nature talqueuse des oolites de Kisantu, d'autres spectres ont été réalisés sur les oolites de la CAROTTE 196,20 m DU SONDAGE 42 A DJENGUILLE, en séparant les oolites du ciment.

Dans les deux cas, les raies obtenues sont celles du talc largement dominant et du quartz subordonné.

Sous réserve d'études complémentaires, nous admettons donc que les oolites silicatées sont formées de talc ; la matière du noyau, à basse biréfringence, pourrait aussi être du talc cryptocristallin qui s'organiserait ensuite dans l'enveloppe, comme me l'a suggéré A. BERNARD. Nous parlerons donc maintenant d'oolites talqueuses.

6°) Dépôts géodiques de palygorskite.-

Dans le puits principal à plusieurs niveaux, j'ai trouvé dans des diaclasses d'origine probablement tectonique une substance d'un blanc très pur, fibreuse, qui, sèche, a la consistance du papier, et humide devient gluante (voir photo n° 20, pl. VI).

H. LE CHÂTELIER (1914), cité par M. BARRAT et V. BABET, mentionne qu'un calcaire provenant de Loudima laisse à l'attaque acide un silicate de magnésie spécial de formule $2 \text{SiO}_2, \text{MgO}, 1/2 \text{H}_2\text{O}$.

La substance trouvée à Boko-Songo ressemble à ce silicate, mais sa formule est différente.

Voici l'analyse par fusion alcaline d'un échantillon provenant DU PAREMENT OUEST DU Puits PRINCIPAL A 56,50 m (Laboratoire du Centre de Recherches pétrographiques et géochimiques de l'Université de Nancy, n° 348, M. BEHR) :

SiO_2	=	25,68 pour cent	FeO	=	non déterminé
Al_2O_3	=	3,00 pour cent	Na_2O	=	traces
Fe_2O_3	=	0,50 pour cent	K_2O	=	traces
MgO	=	7,24 pour cent	MnO	=	néant
CaO	=	30,57 pour cent	TiO_2	=	néant
$\text{H}_2\text{O}-105^\circ$	=	2,64 pour cent	P_2O_5	=	néant
HO comb.	=	6,16 pour cent			
CO_2	=	23,40 pour cent			

Après attaque chlorhydrique très ménagée, l'analyse au versénate de la phase carbonatée, donne :

CO_2 = 23,98 pour cent

CaO = 28 pour cent

MgO = 1,87 pour cent

Traces de fer.

Il s'agit donc d'un SILICATE ALUMINO-MAGNESIEN HYDRATE.

- L'analyse aux rayons X donne les résultats suivants (tableau ci-après. Voir photo des spectres, fig. 21, pl. VI).

La substance étudiée est une palygorskite, contenant en impuretés du quartz,

de la calcite et de la dolomie. Ses caractères macroscopiques et spectrographiques sont conformes à sa définition.

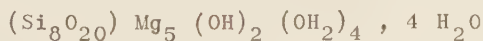
Une recherche d'argile sur la dolomie encaissant la palygorskite n'a donné aucun résultat : celle-ci est extérieure au sédiment et constitue un dépôt secondaire.

- Spectre n° 18 -

Chambre de Seeman - Bohlin, Ø 60 mm, rayonnement du Cu

Mesures en mm	Distance réticulaire en	Intensité	Polygorskite	Quartz	Calcaire	Dolomie	Talc ?
18,0	10,25	F	<u>10,50 FF</u>				
29,0	6,36	f	<u>6,44 m</u>				
34,5	5,32	m	<u>5,42 m</u>				
41,5	4,47	m	<u>4,48 F</u>				
43,5	4,26	m		<u>1,26 m</u>			
45,0	4,11	m					
46,5	3,98	f				4,11 m	
48,5	3,82	f			<u>3,86 m</u>		---
50,5	3,66	m	<u>3,68 m</u>				
55,7	3,33	m		<u>3,35 F</u>			
58,0	3,19	m	<u>3,24 FF</u>				
60,0	3,10	f					---
61,5	3,02	FF			<u>3,04 FF</u>		
64,7	2,87	m				<u>2,85 F</u>	
70,0	2,66	m				<u>2,65 f</u>	
72,0	2,59	mf	<u>2,62 F</u>				
74,0	2,52	f	? <u>2,54 f</u>			<u>2,53 f ?</u>	
75,5	2	mF			<u>2,49 m</u>	2,39 F	
82,5	2,27	mF	<u>2,28 m</u>		<u>2,28 F</u>		
87	2,15	ff	<u>2,15 m</u>			<u>2,18 F</u>	
90	2,07	mF			<u>2,09 F</u>		

L'analyse chimique permet de construire une formule selon la méthode de HARVEY (G. MILLOT, 1949, page 116). Les rayons X permettent de considérer la substance comme une palygorskite, pour laquelle BRADLEY a donné la formule idéale suivante :



où Mg peut être remplacé par Ca et Al.

Cette formule montre 20 oxygènes et 2 oxhydriles, soit 42 valences négatives, à saturer par 42 valences positives.

Le tableau suivant résume le calcul, fait sur 21 valences pour simplifier. On a soustrait auparavant la calcite et la dolomie, ainsi que les traces de fer.

Pour cent	ramené à cent pour cent	Nbre mol. oxyde pour cent	Nbre cat. dans oxydes	Nbre at. pour 100 g	Valences des cathions	Nbre de valences positives pour 100 g	Coef ^t K= $\frac{21}{6,108}$	Nbre de cathions pour 42 valences
25,7	70	1,166	1	1,166	4	4,664	3,44	8,02
3	8,2	0,080	2	0,160	3	0,480	3,44	1,10
5,4	14,2	0,355	1	0,355	2	0,710	3,44	2,44
2,6	7,1	0,127	1	0,127	2	0,254	3,44	0,88
---	---	---				---		
36,7	99,5					6,108		

On peut écrire la formule de notre minéral :



Dans la couche octaédrique on a :

$$2,4 + 0,9 + \left(\frac{1,1 \times 3}{2}\right) = 4,95 \text{ valences positives.}$$

au lieu des cinq théoriques. On peut considérer que l'analyse chimique confirme la détermination spectrographique..

C - PROBLEMES SOULEVES PAR LES CONDITIONS DE GENESE DES ROCHES DU SC III

J'ai rassemblé dans la section précédente des fiches d'études d'échantillons choisis, afin de fournir au lecteur les caractères descriptifs précis des principales roches des formations qui nous occupent.

Mais en fait, ces descriptions ne prennent tout leur sens qu'à la lumière des déductions qu'on peut en tirer quant aux conditions de genèse des roches.

Je pense que mon champ d'étude manque d'ampleur en surface pour être autorisé à aborder la sédimentologie du SC III dans son ensemble et même à l'échelle régionale. Mais il est possible par contre d'apporter quelques éléments à des problèmes sédimentologiques particuliers que nous allons envisager ici.

1°) Les problèmes de la dolomitisation et de la silicification.-

Dolomitisation

a) Après DELHAYE et SLUYS, V. BABET a attiré l'attention sur l'importance des formations dolomitiques du SC III et sur les phénomènes de recristallisation ; mais ces auteurs ne semblent pas avoir cherché à distinguer les différents modes de genèse possibles. Dans sa thèse (1929), V. BABET semble n'envisager que des phénomènes secondaires épigénétiques (page 67).

Ceux-ci me semblent d'importance secondaire.

Les analyses montrent qu'il y a dans le SC III des roches de toutes teneurs en magnésie. Les analyses données à la fin de ce chapitre montrent qu'elle peut varier de 0,23 pour cent à 21,5 pour cent pour des roches provenant exclusivement de Boko-Songo ; c'est-à-dire d'un calcaire à une dolomie tout à fait purs l'un et l'autre (0 à 22 pour cent de MgO).

L'examen au microscope montre divers phénomènes de remplacements par de la dolomie soit en rhomboèdres bien individualisés (voir photo n° 21bis, pl. VII carotte à 53,50 m dans S. 15), soit en agrégats cryptocristallins (photo n° 22, pl. VII, carotte à 125 m dans S. 15 où un agrégat cryptocristallin de dolomite "corrode" un grand cristal de calcite). Nous verrons plus loin, surtout à propos des oolites, que la dolomie semble le plus souvent avoir cristallisé en dernier. Je ne veux pas entrer ici dans le détail, plus facile à approcher à propos des oolites.

On distingue (B. GEZE 1949) les dolomies et calcaires dolomitiques de sédimentation directe, d'épigénie immédiate, et d'épigénie tardive. (Nous laissons de côté le cas du lessivage différentiel de la calcite).

Dans le SC III de Boko-Songo, les levés de terrain comme l'étude micrographique détaillée montrent que les critères qui distinguent les dolomies d'épigénie tardive sont rares ; celles-ci apparaissent comme des phénomènes purement locaux, de contamination d'un banc à l'autre, probablement favorisés par les failles et diaclases.

Essentiellement, nous avons affaire soit à des dolomies de précipitation immédiate, dont de nombreux niveaux rassemblent les caractères (L. CAYEUX, 1935) : pâte extrêmement fine, nette stratification, homogénéité, association à des niveaux argileux ; soit à des dolomies d'épigénie immédiate ou diagénétiques, qui sont de beaucoup les plus répandues. Dans ce dernier cas, les sédiments déposés, calcaires ou silicatés, l'ont été au sein d'eaux salées contenant, entre autres, l'ion Mg. Les vases formées ont emprisonné une certaine quantité d'eaux de même nature, que nous appellerons "connées" ("connate waters" des auteurs américains). Au cours de la pétrification, l'ion Mg s'est associé à la calcite déjà formée ou en formation la transformant en dolomite (CORRENS, 1952).

Or, C. FONDEUR, M. GOTTIS, J. ROUIRE et A. VATAN (1952) ont fait remarquer que les dolomies de précipitation directe et les dolomies d'épigénie immédiate avaient au fond des significations sédimentologiques voisines ; autrement dit, elles se forment dans des conditions de dépôt voisines aussi. Ce sont celles d'une étendue d'eau salée de faible profondeur ; un climat chaud favorise les processus de dolomitisation.

L'étude détaillée du SC III conduit à la même conclusion : les dolomies de précipitation directe et celles d'épigénie immédiate y sont si intimement mêlées, avec d'autres caractéristiques de faciès (oolites, algues bleues, évaporites, etc ...) qui ne changent pas, que nous considérerons qu'elles ont été formées dans des milieux tout à fait voisins, dont j'essaierai de rassembler les caractères plus loin.

Silicification.

b) Peut-être moins frappante parce qu'il s'agit surtout de roches carbonatées, la silicification est un phénomène important et tout à fait général dans le SC III. L'étude des oolites encore nous montrera qu'elle débute dès la formation du dépôt et se poursuit pendant toute la diagenèse (cf. photo n° 23, pl. VII). Certaines indications semblent montrer pourtant que lorsque de la calcite apparaît dans le dépôt, elle est corrodée par le quartz secondaire qui lui serait postérieur (carotte 58,50 m dans le sondage S. 15) ; la dolomitisation n'interviendrait qu'ensuite, pendant que se poursuivrait la silicification, les deux minéraux poursuivant simultanément le remplacement d'un troisième, le talc par exemple, comme on le voit très bien dans les plaques minces de l'échantillon prélevé à 26,80 m au parement Sud du puits principal.

D'où vient la silice ? Il est difficile de faire appel à des organismes dont on ne retrouve trace nulle part ; plus probablement, elle a été amenée à l'état de solution vraie ou colloïdale ; sa mise en place apparaît comme inséparable de celle du talc. Je pense qu'il s'agit d'un phénomène diagénétique intervenant, comme la dolomitisation, dans les bancs après leur dépôt et au cours de la lithification, (PETTIJOHN 1949, page 332).

2°) Problème des évaporites : gypse et anhydrite.-

Des travaux récents aident à se faire une idée assez précise du milieu de formation des roches sulfatées. Dans le SC III, comme souvent ailleurs, les sulfates sont intimement associés à la dolomie ; en règle générale celle-ci présente des cristaux automorphes soit très petits, soit assez grands. L'anhydrite ou le gypse associés sont alors cristallisés d'une manière analogue quant à la taille des cristaux.

Dans toutes les lames minces que j'ai examinées, la dolomite est automorphe, en texture souvent pseudo-ophitique, très curieuse ; les sulfates remplissent les vides et les interstices en moulant les cristaux de dolomite (voir photo n° 24, pl. VII). Quelquefois, tous les remplissages interstitiels d'anhydrite ont la même orientation optique et s'éteignent en même temps (voir photos n° 25, pl. VII). Tantôt le gypse remplace l'anhydrite, ainsi qu'en témoignent leurs contours mutuels et les restes corrodés d'anhydrite dans le gypse, tantôt il lui est juxtaposé sans qu'on puisse bien décider de leurs rapports.

Dans le premier cas, les lits résiduels d'anhydrite sont exfoliés et tordus par l'augmentation de volume (voir photo n° 26, pl. VIII). Les filonnets de gypse sont fréquents, avec une cristallisation normale aux parois (voir photo n° 27, pl. VIII). Il y a beaucoup d'inclusions organiques soit très petites (il faut les

résoudre au grossissement 500) dans les cristaux de dolomite, soit en traînées ou en granules plus gros dans les clivages des cristaux de gypse ou sur leurs bords. Dans la plaque mince taillée dans la carotte 278,50 m du sondage 60 à Djenguilé, on observe au contact de grands cristaux de dolomite et d'anhydrite une sorte de liseré, bourgeonnant à l'intérieur de l'anhydrite, qui pourrait correspondre à la formation d'un troisième minéral par réaction de contact.

En coupe, nos formations sulfatées sont essentiellement associées à des dolomies ; les niveaux argileux existent, mais avec une importance subordonnée.

Trois analyses de la roche encaissant les sulfates donnent de 93 à 97 pour cent de dolomite, aussi bien à Boko-Songo que dans la région d'Aubeville. Une recherche d'argile sur une dolomie à gypse de la Grande-Mine (carotte à 135 m) a montré que la roche n'en contenait pas.

Il y a aussi de nombreux lits organogènes, et l'oolite de Kisanu se trouve à Djenguilé, interstratifiée avec des sulfates.

Aussi, plutôt que des formations d'origine désertique, il me semble qu'il s'agit là de formations lagunaires marines ou de "lacs salés", au sens de Ch. FINATON (1935). J. BOURCART et J. RICOUR (1952) ont attiré l'attention, à propos des niveaux salifères du Trias, sur les processus de concentration des sels à partir d'eaux "connées"⁽¹⁾ lors de l'enfouissement de grosses épaisseurs de vase gorgée d'eau salée. Mais on ne connaît pas dans le SC III de sels autres que des sulfates de calcium. Une analyse du laboratoire du C.R.P.G. de Nancy (N° 357 et 358) n'a trouvé dans un échantillon provenant du sondage 60 à 189 m que des traces de fluor et rien en strontium, baryum et alcalins. Comme l'a souligné F.J. FIRTION (1952) dans le cas des vases en voie de dessèchement, il faut expliquer la précipitation des seuls sulfates ou bien l'évacuation des autres sels.

Sur une épaisseur de plus de 100 m, les lits uniquement sulfatés dans un de nos sondages (n° 42) ne totalisent pas plus de 4 m. La sédimentation est donc essentiellement dolomitique. Le dépôt est stratifié, sans ripplemarks ni brèches sédimentaires. L'hypothèse d'une formation par concentration d'eaux marines me paraît plus conforme aux faits ; on sait que les carbonates puis les sulfates précipitent d'abord : l'eau de la lagune où se formaient ces roches n'a jamais atteint une concentration suffisante pour précipiter ses sels les plus solubles. Autrement dit, nous restons dans le cadre du tableau d'USIGLIO (1849).

Une hypothèse voisine consisterait à envisager une concentration d'eaux lacustres saumâtres, contenant seulement les carbonates et les sulfates ; l'absence de traces d'agitation (ripplemarks, stratification entrecroisée) fournirait un argument supplémentaire. Mais un tel lac aurait dû avoir une étendue énorme si on

(1) "connate waters" des auteurs de langue anglaise.

voulait lui rapporter tous les dépôts du SC III, et encore très grande même en le limitant aux points où a été reconnu le gypse. Je reprendrai plus loin ce problème du "paysage".

3°) Problème des oolites.-

Je sépare les questions touchant aux oolites de celles des algues, en m'appuyant au départ sur l'opinion de L. CAYEUX : s'il est établi que les algues interviennent dans l'élaboration du carbonate de chaux, matériau des oolites, aucun fait ne prouve qu'elles participent à leur construction.

La première distinction à faire est celle des oolites carbonatées et des oolites silicatées. Dans le SC III, leurs domaines sont bien différents : dans la zone de l'oolite de Kisantu, à oolites talqueuses, il n'y a pratiquement pas d'oolites carbonatées et inversement.

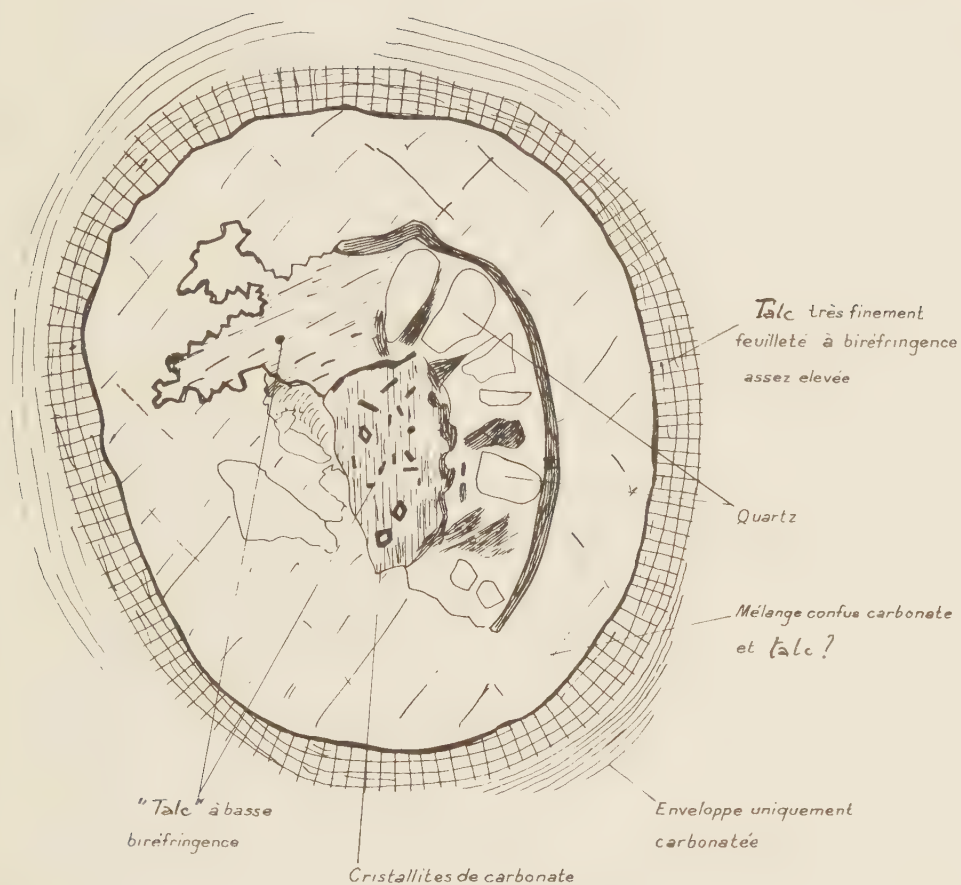
Oolites carbonatées.

a) Dans le puits principal, 12 niveaux oolitiques successifs ont été trouvés dans la série traversée (190 m). Dans les sondages, on en trouve beaucoup moins, mais ceci paraît surtout dû aux difficultés de carottage déjà signalées. En effet, en règle générale, les niveaux oolitiques du SC III sont très minces et souvent peu cohérents.

Les oolites sont plus abondantes à la partie supérieure de la coupe du puits (SC III supérieur). Elles forment des lits de quelques centimètres d'épaisseur, quelquefois lenticulaires ; fréquemment elles sont disposées en chenaux dans des dolomies zonées en plaquettes ; ces chenaux forment un réseau irrégulier dans le banc dolomitique.

En plaque mince, cette allure discontinue se conserve, les lits d'oolites ravinant des lits de carbonate.

- Le noyau, quand il n'est pas attaqué par la dolomitisation ou silicifié, est toujours formé d'une matière brun-jaunâtre claire avec un léger pléochroïsme, de faible biréfringence, avec une texture interne floue en treillis. On pensait qu'il s'agissait d'une chlorite analogue à celle que l'on décrit dans les minerais de fer (L. CAYEUX 1909, S. CAILLERE et S. KRAUT 1954, J. ORCEL 1926). Mais les analyses aux rayons X, qui ne montrent que du talc, conduisent à penser que toute l'oolite en est formée. Le noyau serait du talc cryptocristallin. De petits cristaux automorphes de dolomite s'y développent ; des plages du même carbonate s'y insinuent de l'extérieur. La plupart du temps ce noyau est sans structure alvéolaire qui pourrait évoquer une origine organique. Souvent, il y a une très mince enveloppe de même couleur jaunâtre en lumière naturelle, mais qui polarise plus haut dans les teintes vives du premier ordre, et qui est constituée de talc. Présents dans presque toutes les préparations minces, ces faits sont particulièrement frappants dans les plaques taillées dans la carotte 79,50 m du sondage S. 15 à la Grande-Mine (voir dessin n° 5). Dans ces mêmes préparations enfin, on trouve une oolite dont la zone centrale a une texture finement concentrique, comme celle des oolites de Kisantu, déjà très altérée par la dolomiti-



NOYAU D'UNE OOLITE A 79^m 50 DANS
LE SONDAGE S.15

(Agrandi environ 1000 fois)

sation, mais où on perçoit encore la fausse croix noire caractéristique de ces dernières.

- La zone corticale des oolites carbonatées, cryptocristalline, présente toujours une structure finement concentrique, que la recrystallisation, quand elle se produit, ne respecte que rarement. Souvent les zones concentriques sont interrompues par des rayons grossiers de talc (voir photo n° 16, pl. V, de l'échantillon prélevé à 57,30 m au parement Sud-Est du puits principal).

Aux très forts grossissements, on s'aperçoit que les zones concentriques correspondent à des "pulsations" de la cristallisation, chaque zone étant marquée à sa base (vers le centre) par une ligne nette circulaire sur laquelle s'alignent les cristaux. (Puits principal, 45,30 m parement Sud, voir photo n° 29, pl. VIII).

On voit aussi que les cristaux, bien que mal distingués au microscope, sont dans chaque zone implantés perpendiculairement à elle, ce qui lui donne une texture finement rayonnée, mais peu nette. (Puits principal, parement Nord 42,70 m et parement Sud 35,20 m, voir photo sur planche hors-texte).

Pour les oolites silicifiées, la silicification respecte aussi souvent le talc selon des rayons grossiers, ce qui donne à la roche un aspect caractéristique (puits principal, parement Sud à 26,80 m, voir photo n° 30, pl. VIII).

- La plupart du temps, les oolites sont jointives ou assez serrées (photo n° 31, pl. VIII, sondage S. 15 à 79 m). Il n'en existe pas moins un ciment, de caractères pétrographiques différents de ceux des oolites. Il est composé essentiellement de dolomite cristalline et de talc. La première semble avoir cristallisé après la seconde qu'elle remplace. Il y a souvent un enduit d'oxyde de fer rouge aux limites des cristaux, ainsi que des flocons de matière organique (puits principal, parement Nord, 42,70 m, voir photo n° 28, pl. VIII). En général, le ciment se dolomitise avant les oolites, qui sont respectées.

Il n'y a pratiquement pas de quartz détritique ; tout celui que l'on voit est d'origine secondaire.

Les éléments silicatés du ciment, qui ont une forme quelconque anguleuse, mais un peu émoussée et souvent déformée, ont fréquemment une enveloppe microcristalline de carbonate.

Quelquefois, le ciment comprend des corpuscules plus ou moins arrondis, ou bien des éléments allongés en carbonates cryptocristallins que nous examinerons plus loin avec les brèches algaïres. (Voir photo n° 32, pl. IX, puits principal 85,90 m).

Par rapport aux oolites, le ciment a en général une structure quelconque ; mais ses éléments peuvent aussi s'orienter en un litage imparfait, qui contourne les oolites donnant à l'ensemble un aspect oillé. (Photo n° 33, pl. IX).

- En règle générale, les oolites carbonatées sont parfaitement sphériques.
- Quelquefois oolites et ciment montrent des déformations d'origine mécanique. Les figures d'impression sont fréquentes. Les oolites dont l'enveloppe carbonatée est mince peuvent se briser : la coque est en morceaux distincts et séparés, l'intérieur est rempli de quartz secondaire. Les zones concentriques peuvent être décollées ; les pisoolites du puits principal à 57,30 m présentent cette déformation, avec développement d'un minéral talqueux entre les oolites et les morceaux (cf. photo n° 34, pl. IX) ; il s'agit évidemment d'un effet dynamométamorphique local.

On remarque encore des oolites multiples, comme au parement Est du puits principal à 44,50 m. (Voir photo n° 35, pl. IX).

Oolites talqueuses

b) Appelées "oolites de Kisantu", elles forment, vers la base du SC III, des lits de quelques centimètres d'épaisseur, irrégulières et lenticulaires, interstratifiés dans des dolomies cryptocristallines à gypse et anhydrite. A l'affleurement, elles sont associées à des argiles jaunes que je n'ai jamais retrouvées

dans les sondages. (cf. page 26).

En opposition avec la forme régulièrement sphérique des oolites carbonatées, les oolites talqueuses sont toujours déformées, aplaties et tordues.

- Le noyau est généralement très gros, occupant jusqu'à la quasi totalité du volume de l'oolite. Il est formé de talc cryptocristallin à basse biréfringence et montrant la curieuse texture très finement entrecroisée déjà signalée. Très souvent le noyau est silicifié, quelquefois il est carbonaté, ou en voie de dolomitisation.

Le passage de la substance du noyau à celle de l'enveloppe corticale est fréquemment progressif. Dans la carotte 200,80 m du sondage 42 à Djenguilé, de petits éléments de talc à biréfringence notable et en feuillets, dessine une forme spiralée, qui pourrait être un vestige organique, à l'intérieur même du noyau (voir photo n° 37, pl. IX). Cette forme est très semblable à celle figurée par V. BABET (1932, pl. VIII, Fig. 4).

A 255,80 m dans le sondage 60 à Djenguilé, on voit dans le noyau des cristaux automorphes opaques d'oxyde de fer. L'ensemble de la roche est d'ailleurs très ferrugineux, tendant vers un véritable minerai, du type normand. (Voir photo n° 36, pl. IX). Beaucoup d'oolites sont polynucléaires, plusieurs noyaux de la nature ci-dessus décrite étant enveloppés dans un cortex de talc feuilleté et biréfringent.

- L'enveloppe corticale est toujours faite de talc polarisant dans les jaunes du premier ordre et de texture très finement feuilletée et concentrique, donnant une fausse croix noire (photo n° 37, pl. IX). L'existence de cette enveloppe définit l'oolite ; lorsqu'il n'y en a pas, nous dirons qu'il s'agit d'une micro-brèche ou d'un micropoudingue talqueux, tels que nous les décrirons plus loin. La limite extérieure de l'enveloppe est nette ; vers le noyau au contraire on observe souvent un passage progressif (carotte 121,70 m, sondage 42).

Ceci traduit probablement l'organisation progressive de l'intérieur vers l'extérieur de la matière.

Les oolites sont la plupart du temps aplaties, mais le très fin feuilletage de l'enveloppe n'est pas troublé, et épouse toutes les formes du corpuscule ; le feuilletage est donc postérieur à la déformation.

La dolomitisation de l'enveloppe est assez rare ; on l'observe particulièrement bien dans les préparations des carottes 199 m du sondage 42. Tous les intermédiaires existent avec les oolites carbonatées. Deux enveloppes en contact peuvent se souder aussi bien que rester tout à fait indépendantes. Enfin les oolites présentent souvent une croûte très mince de silice ou d'anhydrite "bourgeonnante".

- Le ciment est essentiellement siliceux, composé d'une mosaïque de petits grains de quartz engrenés les uns dans les autres, à extinction onduleuse. Ce ciment peut être dolomitisé, comme en témoigne la plaque taillée dans la carotte 134 m du sondage 42, la carotte 276,50 m dans le sondage 60.

Ailleurs des lits talqueux amygdaloïdes alternent avec des lits dolomitiques dans la plaque mince même, et il semble bien qu'il y ait développement automorphe de la dolomite au contact.

Avec le quartz, on trouve de l'anhydrite, intimement associée (association graphique (?) sondage 42, 194,50 m) ; d'autres fois en aiguilles automorphes (sondage 42, 199,40 m). Exceptionnellement, l'anhydrite peut former l'essentiel du ciment.

Indications tirées de l'étude des oolites.

c) Il ne rentre pas dans le cadre de ce travail de pousser à fond cette étude des oolites du SC III ; mais je pense que ces matériaux pourraient servir à une étude pour elle-même de la question des oolites, en général.

En effet, les faits pétrographiques qui viennent d'être cités conduisent immédiatement aux conclusions suivantes :

- initialement toutes les oolites étaient de nature silicatée, même celles qui sont aujourd'hui entièrement dolomitisées.

Elles comprenaient un noyau à fine texture entrecroisée (mâcles ?), jaunâtre en lumière naturelle, de basse biréfringence et d'allongement positif (du moins les fibres microscopiques qu'on y distingue) avec une enveloppe en talc de biréfringence plus élevée.

Ces oolites sont analogues à celles qui existent dans les dépôts ferrugineux, mais elles contiennent peu de fer. Elles étaient molles au moment de leur formation, car lorsque la dolomitisation n'a pas figé leur forme sphérique, elles se sont plus ou moins aplaties selon la stratification, vraisemblablement sous le poids des sédiments déposés au-dessus d'elles. Pourtant la cristallisation définitive en talc, d'ailleurs imparfaite, a été légèrement postérieure à l'aplatissement. Le ciment contient aussi des silicates, dont la plus grande partie est aussi de nature talqueuse.

On peut donc imaginer le milieu de genèse de ces oolites comme une boue silicatée qui s'est organisée, mais dont la cristallisation ne s'est produite qu'après un léger enfouissement dont l'ordre de grandeur serait très difficile à déterminer, car il faudrait tenir compte du poids de la colonne d'eau, d'actions capillaires inconnues, etc ...

Par ailleurs diverses transformations de la matière des oolites ont pu se produire.

La première est une épigénie par le quartz : ce dernier remplace le talc des oolites, en progressant du centre vers la périphérie (à moins que cette apparence ne soit due à une dolomitisation simultanée et antagoniste de l'enveloppe) ; il se développe aussi dans les silicates du ciment. Soit en même temps, soit ensuite, apparaît l'anhydrite, seulement dans le ciment. La dolomite cristallise en dernier ; elle remplace la chlorite des oolites de l'extérieur vers le centre, produisant les oolites carbonatées qui existent dans le SC III supérieur.

La sphéricité parfaite des oolites dolomitisées montre que cette dernière s'est produite avant l'enfouissement, alors que les oolites étaient encore voisines

du fond de la mer.

Les cas intermédiaires d'oolites imparfaitement dolomitisées et un peu déformées montrent qu'on ne peut attribuer la conservation de la sphéricité à des conditions d'enfouissement différentes.

On peut résumer les différents stades de la genèse des oolites ainsi :

- formation, en milieu "salin" (eau carbonatée et sulfatée) d'une boue silicatée;
- organisation, dans la partie superficielle de cette boue, d'oolites dont la matière reste molle, "colloïdale" ;
- précipitation, à l'extérieur des oolites, d'anhydrite ;
- dolomitisation, très peu marquée à la base du SC III, intense vers le haut ;
- enfouissement et consolidation.

La silicification débute en même temps que la précipitation de l'anhydrite et se poursuit jusqu'après les phénomènes d'aplatissement par enfouissement.

On voit que ce "récit" peut différer notablement d'autres explications déjà proposées. Sans entreprendre de la discuter, il m'a paru utile de l'exposer ici, parce que les niveaux oolitiques du SC III rassemblent des faits relatifs à la sédimentation saline, à la silicification et à la formation des oolites. Cette réunion permet d'éclairer les conditions de sédimentation et de lithification, et mériterait une étude spécialisée.

4°) Problème des "détritiques".-

L'immense majorité des roches du SC III est essentiellement carbonatée. De nombreux niveaux pourtant contiennent des corps étrangers : le problème de leur origine et de leur signification sédimentologique se pose.

quartz.

a) Sauf à la partie tout à fait supérieure du SC III, sur laquelle je revien-
drai plus loin à propos de la limite supérieure de l'étage, je n'ai presque jamais
rencontré de quartz détritique dans les lames minces examinées. Toujours le quartz
est secondaire et épigénétique. Il semble remplacer en général les matières phylli-
teuses, surtout le talc, quelquefois la calcite, jamais la dolomite.

licates.

b) La plupart du temps les silicates contenus dans les roches du SC III sont
du talc de même nature que celui que nous avons décrit dans les oolites ; mais

les études aux rayons X ont montré qu'il existe aussi des argiles (illite) et un peu de chlorite. Ces silicates sont plus ou moins épigénisés en carbonates ou en quartz. En dehors de la partie tout à fait supérieure du SC III, on rencontre quelques rares phyllites nettement détritiques, voisines de la sérécite, qui au lieu d'être remplacées par les carbonates, orientent leur cristallisation (par exemple dans la plaque mince de la carotte 33,50 du sondage 34 à Djenguilé).

Le talc, la chlorite ou l'argile beaucoup plus fréquents, peuvent affecter des textures très variables depuis l'accumulation informe au sein de laquelle cristallisent des carbonates (photo n° 38, pl. X de l'échantillon prélevé à 38,50 m au parement Sud du puits principal) jusqu'à des corpuscules presque aussi organisés que les oolites type Kisanu (carotte 101,30 m dans le sondage 42).

Ailleurs, les matériaux silicatés ont été repris et rassemblés en micro-poudingues talqueux à ciment quartzeux (échantillon à 20,40 m, parement Sud du puits principal, photo n° 39, pl. X) ou carbonaté. Ils peuvent même se trouver dans un ciment d'anhydrite (carotte 147,50 m du sondage 42).

L'existence du talc, de la chlorite et de l'illite dans les roches du SC III, même en dehors des oolites, ne fait aucun doute ; d'autres déterminations aux rayons X que celles que j'ai déjà citées ont, en effet, été faites et le tableau (page suivante) rassemble leurs résultats.

L'origine de ces éléments silicatés est difficile à préciser. Leur organisation en oolites suggère plutôt qu'ils sont authigènes. Silicification et dolomitisation leur sont dans tous les cas postérieures. Le talc pourrait faire penser à un stade précoce de métamorphisme ; C.E. TILLEY (1948) a montré qu'il apparaît alors dans les dolomies siliceuses. Ici je crois qu'il n'en est rien : on n'observe aucun signe de métamorphisme régional dans les couches du SC III, ni à l'échelle du terrain, ni à celle du microscope, à moins d'y inclure les phénomènes de diagénèse. De plus, les niveaux salifères sont intacts et selon ESKOLA (1946), ils doivent être les premiers à réagir au métamorphisme, avant les dolomies. A ma connaissance, c'est la première fois qu'il est possible d'attribuer au talc avec vraisemblance une origine sédimentaire.

Matières organiques.

c) Nous avons vu, par voie chimique (page 36), que certaines roches se trouvent contenir des matières organiques. On voit celles-ci en plaque mince, soit dans les interstices des cristaux, soit quelquefois au centre de ceux-ci. Il s'agit manifestement de résidus essentiellement charbonneux pris dans le sédiment lors de la lithification et ayant échappé à l'oxydation.

En résumé, à l'exception de rares quartz ou phyllites détritiques, il n'y

a guère de matériaux détritiques dans les roches du SC III. Les éléments silicatés ont probablement une origine authigène, plus conforme aux conceptions récentes ; avec G. MILLOT (1949) nous dirons qu'il s'agit dans ce cas "d'une sédimentation authigène par remaniement d'un matériel en grande partie allogène" en milieu salin, calcaire, dolomitique ou sulfaté. Ce matériel pourrait provenir du stock ionique des eaux alcalines de la "lagune".

Origine de l'échantillon	Nature	Détermination aux rayons X
<u>Puits de Boko-Songo</u>		
S. 63,60 m	Calcaire magnésien très argileux	Talc Traces d'illite
S. 66,70 m	Dolomie claire cryptocristalline	Talc dominant Chlorite
<u>Sondage S.15</u>		
33 m	Dolomie gris-souris cryptocristalline	Chlorite Traces d'illite
39 m	Calcaire oeilé argileux	Talc Chlorite
<u>Sondage 60</u>		
259,30 m	Oolite de Kisantu	Talc seul
<u>Sondage 42</u>		
196,20 m	Oolite de Kisantu	Talc seul

5°) Problème des restes organisés.-

Aucun fossile n'a jamais été découvert dans le SC III. Pourtant on y trouve de nombreuses traces de l'activité des êtres vivants, essentiellement des algues Schizophycées. A Boko-Songo il y a de nombreux témoignages de leur activité : les uns ont une origine certaine, confirmée par maints travaux, ce sont les stromatolites ; d'autres sont probablement alguaire, je les ai appelés "microbrèches alguaire".

Stromatolites.

a) Ils apparaissent à plusieurs reprises sur les coupes. Ce ne sont pas des fossiles, mais les croûtes formées par des algues Schyzophycées, qui, absorbant l'acide carbonique de l'eau, provoquent sous leur thalle la précipitation de calcaire.

Adoptant les règles de classification de MASLOV (1953), je les rapporte au "type" Collenia ; on peut à la rigueur y distinguer deux "groupes" : le premier, en coupoles simples ou complexes, disposées en plan en quinconce, analogue à *Collenia undosa* ; le second, en dômes plus ou moins stratoïdes, analogue à *Collenia kona*, et qui pourrait être une forme moins évoluée du premier.

Ces formes sont presque toujours associées à des niveaux oolitiques carbonatés, ou à des microbrèches sédimentaires ou alguaires.

Dans la carotte 178,60 m du sondage 60, une microstructure est conservée ; elle est formée de filaments anastomosés plus ou moins parallèles à la stratification (voir photo n° 40, pl. X). Les restes charbonneux peuvent d'ailleurs être abondants, comme dans l'échantillon 197,70 du sondage 42.

Très souvent, en plaque mince, la matière carbonatée des stromatolites s'arrange en texture grumeleuse. (Voir photo n° 41, pl. X). Les granulations se révèlent aux forts grossissements occuper le centre des autres cristaux, sous forme d'une matière floue qui pourrait être, soit de l'argile, soit du carbonate cryptocristallin.

Trois analyses chimiques ont donné 0 pour cent d'insolubles pour deux d'entre elles, 4 pour cent pour la troisième. Les teneurs en dolomite vont de 88 à 96 pour cent, celles de calcite de 0 à 6 pour cent.

Tous ces caractères sont semblables à ceux que l'on a déjà décrits pour les formations stromatolitiques (V.P. MASLOV 1953 ; L. CAHEN, A. JAMOTTE, J. LEPESSONNE, G. MORTELMANS 1946-a ; L. CAHEN 1950-b, A. RIEDEL 1953). Ils conduisent à se représenter le milieu où se développaient les algues constructives de stromatolites, comme une lagune d'eau salée mais claire, peu profonde.

Microbrèches alguaires.

b) J'attribue une origine algaire, analogue à l'échelle de la plaque mince à celle des stromatolites, à des formes que l'on observe dans un grand nombre de préparations. Sur un fond cristallin ou microcristallin de carbonates, elles ont une texture carbonatée cryptocristalline. Tantôt la matière en est homogène, tantôt elle paraît plus dense sur le bord extérieur, figurant ainsi une sorte de "cortex".

Nous distinguerons donc des formes sans coque, qui peuvent être allongées selon la stratification en association "cunéiforme" (voir photos n° 42 et n° 43, pl. X, des échantillons pris à 65,70 m au parement Sud du puits principal et à 128 m dans le sondage 26) ; les formes avec coques peuvent, ou bien être quelconques, mais plus ou moins stratifiées (photo n° 44, pl. XI d'un échantillon pris à 58,50 m au parement Sud du puits principal) ou bien constituer de petits grains, donnant à l'ensemble une structure "miliaire" (voir photo n° 45, pl. XI de la carotte 53 m du sondage 23). Le remplissage de la coque est carbonaté en général, quelquefois de quartz ou de chlorite (carotte 267 m, sondage 60).

Très souvent la cristallisation du ciment est orientée normalement sur la coque ; ces coques peuvent aussi être brisées en morceaux.

J'ai signalé plus haut (page 55) la forme spiralée, déjà décrite par BABET et CAYEUX (1930 et 1931), que j'ai retrouvée dans le sondage 42 à 200,80 m (photo n° 46, pl. XI).

Il faut encore mentionner comme peut-être due à des activités organiques une texture rayonnante avec un canal médullaire à 48,10 m au parement Ouest du puits principal (voir photo n° 47, pl. XI) et une sorte de serpentín dans la masse d'une stromatolite à 174,50 m dans le sondage 60 (voir photo n° 48, pl. XI).

6°) Conclusion. - Données acquises sur le milieu de genèse des roches du SC III.

Essayons de rassembler maintenant les caractères relatifs au "paysage" où se sont formées les roches du SC III de Boko-Songo.

Elles se sont déposées sous l'eau, à faible profondeur ; la nature du dépôt, essentiellement carbonaté et ses structures : ripplemarks ou formations alguaire, en témoignent. Nous n'avons guère d'éléments pour préciser cette profondeur. Les algues indiquent un fond éclairé, donc d'environ moins de 100 m ; les oolites nous semblent surtout diagénétiques et ne peuvent donc nous fournir un argument. Cette eau était saumâtre, saturée en carbonates et en sulfates.

Il s'agissait donc de vastes lagunes, alimentées de temps en temps en eau marine, qui renouvelait le stock salin ; on ne peut guère faire appel aux seuls apports salins continentaux, probablement insuffisante.

La texture "ophitique" de la dolomite précipitée avec les sulfates indique une précipitation chimique rapide, que devait favoriser un climat chaud.

Des algues bleues se développaient sur le fond en très grande abondance ; elles jouaient un rôle actif, peut-être le principal, dans la précipitation du

carbonate. Selon G. CHUBERT, R. DU DRESNAY et J. HINDERMEYER (1950) les faciès à *Collenia* caractériseraient des milieux lagunaires sursalés, par opposition aux faciès de mer ouverte. Cette idée nous semble valable au Niari.

Les analyses d'argile enfin ont montré que l'absence de kaolinite et la présence de chlorite dans les sédiments sont aussi des caractères d'un milieu lagunaire sursalé (G. MILLOT, 1949).

Le fonctionnement de ces lagunes, au point de vue précipitation chimique était surtout régi par leur degré d'isolement de la mer ouverte, par le taux d'entrée de l'eau fraîche et aussi par le degré de stratification des eaux de concentrations différentes ; tous ces facteurs dépendent de la paléogéographie de l'étage que, faute de documents suffisants, il est prématuré d'aborder.

En résumé, les faciès du SC III sont ceux des "sous-formations gypso-dolomitiques" de L.B. ROUHKINE (1953). On les rencontre sur les territoires de plate-formes et les zones de passage voisines. Elles se forment aux époques de soulèvement général et de création de bassins lagunaires plus ou moins séparés de la mer.

Le SC III à Boko-Songo atteint plus de 300 m. C'est surtout la base qui contient des sulfates ; la partie supérieure n'en comporte pas, par contre, on y voit de plus nombreuses traces d'agitation. On peut imaginer que l'obstacle qui, au début séparait bien les lagunes, a été peu à peu érodé, facilitant la communication avec la mer. Les joints argileux dénotent des arrêts de la sédimentation dans les lagunes, peut-être des émergences de courte durée.

Des apports d'origine continentale ont dû en outre se produire. Les agents de transport devaient être peu puissants, étant donné la pauvreté du matériel réellement détritique. Je crois qu'il faut leur attribuer, sous une forme inconnue, l'origine du talc, qu'on peut imaginer comme résultant d'apports plus importants de silice et d'oxydes, pendant le cours même de la sédimentation chimique. L'orientation de la cristallisation de carbonates par les éléments talqueux confirme cette idée. L'association du matériel silicaté avec des microbrèches sédimentaires suggère une liaison à l'origine avec des accidents sédimentologiques, d'origine peut-être tectonique.

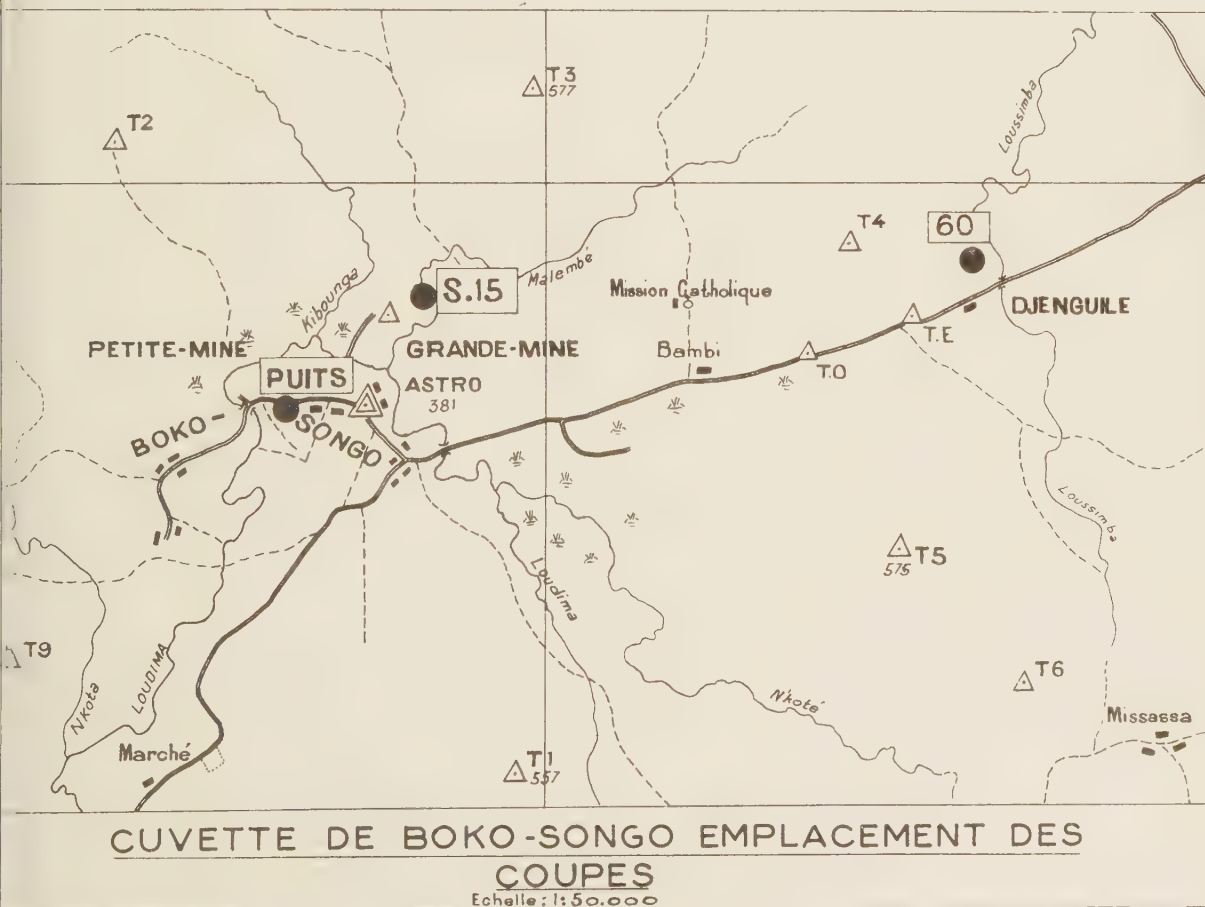
Dans le dépôt d'abord formé, rendu poreux par les algues, se sont ensuite produites les transformations de la diagenèse. Je leur rattache la silicification, la dolomitisation et la formation des oolites. Dans la boue silicatée, ces dernières se sont organisées ; au début du SC III, la sédimentation saline, trop rapide, pourrait les avoir enfoncées trop vite pour que s'achève leur carbonatation. A la fin au contraire, la concentration ayant diminué, elles ont été dolomitisées. La silicification progressait parallèlement au sein des vases.

Tous ces phénomènes sont évidemment inséparables de la lente subsidence qui les accompagnait ; pour accumuler plus de 300 m de couches sous une faible tranche d'eau, son intervention est nécessaire. Pourtant, on peut remarquer, en opposant une fois de plus les caractères différents de la base et du sommet du SC III, que les premiers dépôts, sulfatés, ont pu se produire en eau plus profonde, plus concentrée et plus dense, que les derniers, plus riches en traces d'agitation et en formes alguaires. Ce qui réduit d'autant plus l'ampleur de la subsidence nécessaire.

LES COUPES RELEVÉES ET L'ECHELLE ADOPTÉE POUR LE SC III A BOKO-SONGO.

Toutes les données précédentes ont été rassemblées sur les coupes données en annexes. Celles-ci sont des documents synthétiques qui, peut-être, seront utiles aux praticiens.

En voici la situation géographique :



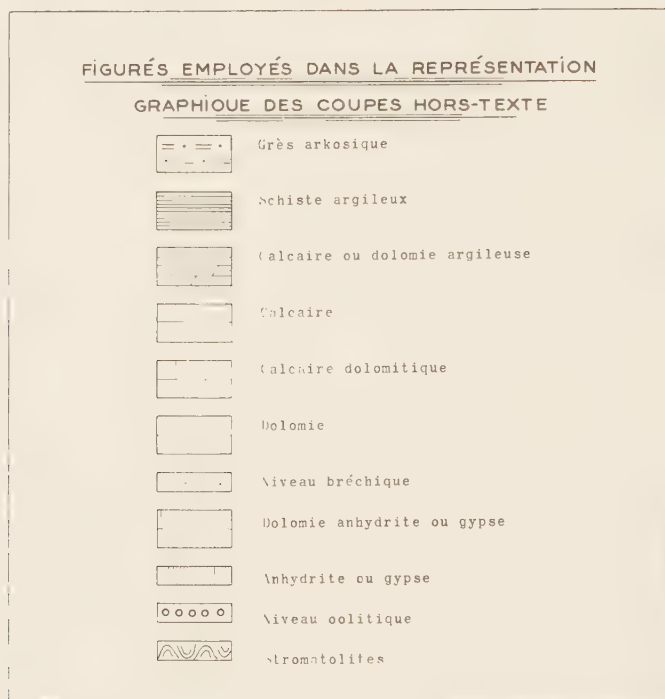
- Fig. 6 -

J'ai choisi pour les établir, outre le puits, des sondages à succession régulière, sans accident tectonique et à bon carottage (celui-ci est indiqué sur

chaque coupe) ; j'ai tenu compte de la correction de pendage, si bien qu'il s'agit de coupes, plutôt que de "logs".

Sur chaque document, on trouvera, rangés par colonnes, de droite à gauche :

- les caractères lithologiques de chaque banc relevé ;
- la représentation graphique, cotée en profondeur, de la succession avec les figurés suivants :



- les caractères micrographiques des plaques minces taillées dans les échantillons. Seules les anomalies ont été notées, les caractères constants des nombreuses préparations où l'on ne voit que des carbonates cristallins ayant été délibérément laissés de côté ;
- les données chimiques recueillies pour ces coupes ;
- une illustration photographique, surtout microscopique, rassemblant dans leur ordre stratigraphique, les microfaciès remarquables, à l'exception des oolites. Les grandissements donnés sont approchés.

Le puits et les sondages 22 et 26, ainsi que le sondage S. 15 nous donnent la partie supérieure du SC III ; le sondage 60 nous en donne la partie inférieure. L'ensemble fournit une coupe complète. En effet, S. 15 débute dans les grès arkosiques du p_1^b et traverse la base du Schisto-gréseux p_1^a , avant d'atteindre le Schisto-calcaire. Bien qu'il soit malaisé de tirer argument de la nature des terrains de recouvrement du puits (sol de pente ou d'altération, ou schistes altérés du p_1^a), la position même du puits, tout proche du contact Schisto-gréseux - Schisto-

calcaire (voir carte hors-texte au 1/10 000) montre de façon certaine que les terrains traversés sont homologues de ceux de S. 15.

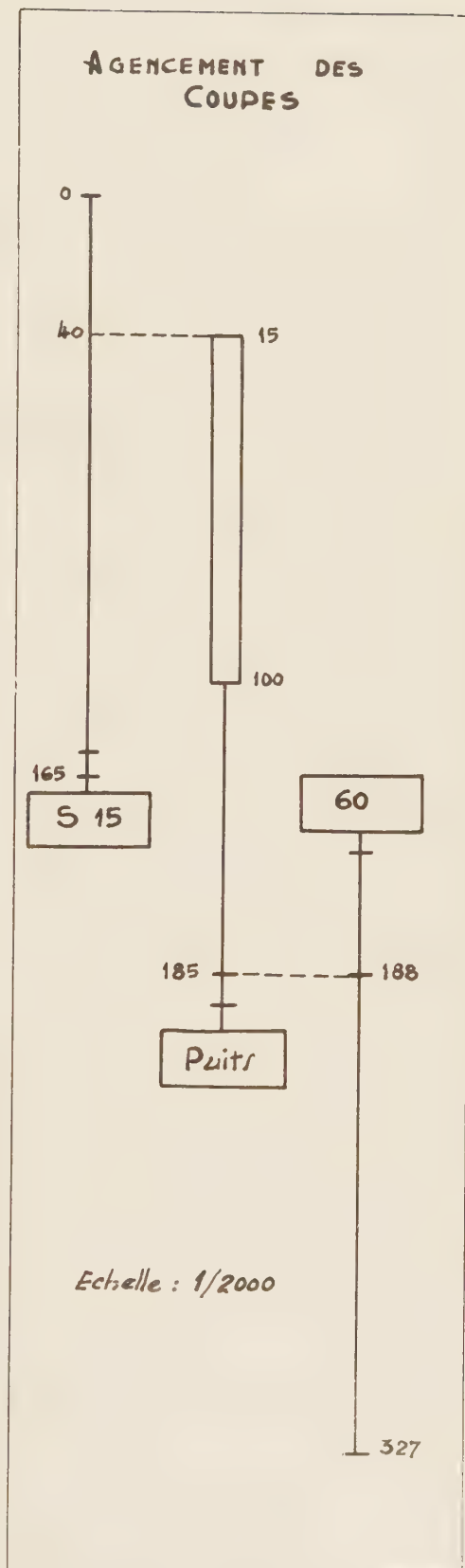
Pour les sondages 22 et 26, dont la coupe prolonge stratigraphiquement celle du puits (coupe de détail locale, dont la coupe I (Fig. 18, page 95) donne un exemple), on atteint les niveaux à sulfates. Le sondage 60 à Djen-guilié donne une coupe complète et continue des terrains à anhydrite et gypse, jusqu'à une brèche que nous considérons comme la base du SC III.

Examinons de plus près ces corrélations. Pour cela, juxtaposons les coupes selon le schéma de la figure 7.

1°) Coupe du puits et coupe S. 15.-

Prenons ces coupes (hors-texte) et mettons-les l'une à côté de l'autre, de façon que la cote - 15 du puits soit à la hauteur de la cote - 40 de S. 15 ; nous voyons immédiatement se dégager les faits suivants, de haut en bas :

- les contacts des schistes calcareux bariolés sur les calcaires bréchiques à débris noirs se trouvent à la même hauteur sur les deux coupes ;
- le niveau d'oolites (a) de S. 15 est à 1,50 m au-dessus de celui du puits ;
- le niveau dolomitique à 61 m dans S. 15 n'a pas d'équivalent dans le puits ;
- le niveau (b) de S. 15 est à 1,70 m au-dessus de celui du puits ;
- le niveau (c) du sondage S. 15 est à 3 m au-dessus de celui du puits ;
- le lit très noir à 67,50 m dans S. 15 correspond au même à 44 m dans le puits, et se trouve à 1,50 m au-dessus dans notre comparaison.
- le niveau oolitique (d) dans S. 15 n'a pas d'équivalent dans le puits ;



- le niveau (e) non plus ;
- le faisceau de niveaux oolitiques (f), à 91 m dans S. 15 correspond au niveau (e) dans le puits, mais tombe 0,50 m en dessous ;
- le banc de calcaire dolomitique schisteux à 103 m dans S. 15 est l'équivalent des schistes calcareux entre 73,50 et 77 m dans le puits, et des calcaires schisteux, un peu au-dessus dans notre comparaison. En même temps sont homologues les microbrèches alguaires, le niveau (g) du puits et les quelques oolites vues en plaque mince dans S. 15 ;
- le niveau oolitique (g) de S. 15, avec le banc de stromatolites qu'il surmonte est homologue du niveau (i) du puits ;

et poursuivant avec la Suite de la coupe du puits (22 et 26), à partir du niveau 100 :

- les stromatolites à 132 m dans S. 15 sont équivalents de ceux à 110 m dans 22 ;
- de même les microbrèches à 139 et 116,50 m ;
- de même les stromatolites et microbrèches sédimentaires à 166 et 142 m ;
- les niveaux calcaires et argileux dans 22 n'ont pas d'équivalent dans S. 15.

Il ressort des faits précédents que, entre le puits et S. 15, soit sur une distance de 1 200 m, ce sont surtout les niveaux oolitiques ou les niveaux organogènes qui peuvent servir aux corrélations. La nature lithologique des roches est rarement la même d'un sondage à l'autre. Dans l'exemple que nous venons d'examiner la corrélation stratigraphique adoptée est certaine : les calcaires schisteux bariolés du sommet de l'étage que nous avons pris comme point de départ ont une extension régionale (J. COSSON, 1953) et un faciès absolument typique qu'on ne peut confondre avec aucun autre ; enfin les coupes ne sont traversées par aucun accident tectonique notable.

Dans le cadre du "paysage" que nous avons évoqué plus haut, on peut donc penser que les phénomènes qui se sont produits sur le fond ("épandage" silicaté pour les oolites ou les niveaux de brèche chloriteuse, ou bien floraisons alguaires) sont plus susceptibles d'imprimer au sédiment des caractères comparables sur 1 200 m, que les processus de la diagenèse (dolomitisation). Mais ceci n'est valable qu'à l'échelle du banc, du niveau. Si, en effet, nous considérons les coupes précédentes (page 66), il nous est facile de voir qu'on y trouve globalement la succession d'ensemble suivante :

- au sommet, des calcaires bréchiques divers,
- au milieu (80 à 132 m dans S. 15) surtout des dolomies,
- à la base, des calcaires dolomitiques.

Il y a donc une certaine corrélation lithologique, à l'échelle de l'assise ou du sous-étage, qui pourrait correspondre à des changements d'ensemble dans les facteurs réglant la diagenèse des sédiments : composition des eaux, vitesse de subsidence, vitesse de sédimentation, climat, etc ...

On voit ainsi se poser dans toute sa complexité le problème des corrélations dans le SC III, et probablement dans les séries évaporitiques épicontinentales analogues. Ce problème se confond avec celui de la sédimentologie même du dépôt. Je crois qu'il faut avouer notre ignorance d'encore trop des nombreux facteurs qui interviennent pour apercevoir une solution générale et harmonieuse.

Sur le plan pratique, il faudra jouer à longue distance sur les analogies lithologiques d'ensemble, au détriment de la précision. Dans les travaux miniers, on pourra employer avec succès les niveaux oolitiques et surtout organogènes.

2°) Suite de la coupe du puits et sondage 60 à Djenguilé.-

Juxtaposons ces deux coupes (voir à nouveau fig. 7).

Si nous mettons en regard les niveaux oolitiques (a) dans le sondage 60 et (j) dans le sondage 26, nous observons une bonne correspondance lithologique - dolomie - calcaire dolomitique argileux - dolomie - et celle des stromatolites à 188 m dans 60 avec les microbrèches alguaires à 185 m dans 26. Mais les toits des zones à gypse ne se correspondent pas, et on ne retrouve pas dans 26 le niveau d'oolites talqueuses K_1 de 60.

Une seconde solution consiste à paralléliser les toits des zones à gypse. Conformément à la discussion précédente, nous choisirons la première solution.

3°) Echelle stratigraphique du SC III à Boko-Songo.-

Avec les coupes précédentes, les coupes d'autres sondages (34 et 42 à Djenguilé) et les levés de terrain, nous construisons l'échelle stratigraphique suivante (Fig. 8 page 68) du SC III à Boko-Songo, où ne figurent que les éléments communs à toutes les coupes.

Cette coupe synthétique appelle plusieurs remarques.

a) Sa puissance totale atteint 320 m, ce qui est plus que les estimations habituelles au Niari. Les différentes assises sont représentées par leur constituant lithologique dominant. Par exemple les calcaires brèchiques talqueux du sous-étage supérieur comprennent de nombreux bancs de calcaires dolomitiques ou même de dolomies.

La plupart des changements de sédimentation sont marqués par des bancs stromatolitiques, des oolites ou des brèches alguaires.

b) Pour subdiviser la coupe, on est parti de la remarque suivante : à la

ECHELLE STRATIGRAPHIQUE DU SC^{III} A BOKO-SONGO

PUISSANCE TOTALE: 320m

Echelle: 10m



- Fig. 8 -

base la sédimentation est essentiellement saline alors qu'au sommet elle est calcaire, avec apport argileux. L'évolution générale se fait donc dans le sens d'une moindre concentration des eaux, et non dans celui d'une régression comme on l'a souvent affirmé. Pour l'ensemble du Schisto-calcaire, la dernière régression se place au sommet du SC II et non du SC III.

Dans le détail, on distingue trois sous-étages a, b, c, correspondant à trois phases de concentration décroissante des eaux. La première nous fait passer de couches sulfatées à des dolomies ; la seconde, plus marquée, de couches sulfatées à des calcaires dolomitiques ; la troisième, encore plus nette, de dolomies à des calcaires argileux. Ce point me paraît très important.

c) Au cours de mes recherches sur le problème des corrélations, j'ai longuement essayé d'appliquer la méthode d'analyse lithologique de A. LOMBARD (1953).

Il semble que le carottage des sondages, qui détruit pratiquement les niveaux friables minces, rende inopérante la méthode dans notre cas particulier.

Je n'entreprendrai donc pas ici de l'exposer et de la discuter. Mais pour la coupe très complète du puits, la "courbe lithologique" qui a pu être construite à partir de comparaisons avec la "série virtuelle locale" suivante :

- 1 schistes argileux
- 2 schistes calcareux
- 3 calcaires
- 4 calcaires dolomitiques
- 5 dolomies
- 6 dolomies à sulfates
- 7 sulfates

est très parlante quant à l'évolution sédimentologique détaillée de la partie supérieure du SC III. On trouvera cette courbe sur la planche hors-texte "coupe du puits". On y voit que le SC III supérieur est composé d'une série de séquences négatives, le plus souvent oscillantes. Les principales coupures s'y retrouvent évidemment, décomposées en récurrences mineures.

A plus petite échelle, on retrouve un style analogue pour l'ensemble du SC III (voir Fig. 8) . Cette allure négative, oscillante et récurrente de la courbe lithologique est typique, me semble-t-il ; sur un plan plus général une telle allure pourrait exister avec des caractères aussi nets seulement dans les séries d'évaporites où prédomine la sédimentation chimique. Elle me semble bien s'accorder ici avec l'évolution tectonique du bassin qui, comme nous le verrons au chapitre suivant, est essentiellement une tectonique épirogénique subsidente du fond. L'étude sédimentologique pourrait donc en fournir une bonne analyse.

base du SC III.

d) Le sondage 60 a été arrêté après avoir recoupé une formation nouvelle à

Boko-Songo, épaisse de 21 m ; il s'agit d'un poudingue à éléments dolomitiques et ciment sulfaté, dont voici une description détaillée :

- C'est une roche à pâte grise saccharoïde dans laquelle sont dispersés des éléments de taille variant de 1 à 20 mm blancs, gris ou noirs, arrondis ou à contours anguleux, disposés sans ordre aucun ; l'aspect général est comparable à celui d'une Tillite (cf. photo n° 49, pl. XII). Le tout n'a aucune réaction à l'acide.
- En plaque mince, le ciment se révèle formé d'anhydrite avec un peu de gypse. Les éléments sont dolomitiques, chloriteux ou charbonneux. L'abondance de la matière organique est plus grande que partout ailleurs dans le SC III et s'accompagne de nombreux petits cristaux de pyrite (voir photo n° 50, pl. XII).
- Sur les 27 m de ce poudingue, on trouve au sommet de la formation une passée argileuse (à 3 m du sommet) et au milieu un banc de 3 m de dolomies (92,5 pour cent de dolomite à l'analyse) peu bréchiques, en plaquettes, qui pourraient être stromatolitiques ; en même temps se voient en plaque mince, des globules oolitiques carbonatés sans structure. Les pendages varient brutalement sur toute la hauteur de la formation.

En dessous apparaissent des dolomies claires en plaquettes contournées, avec matière organique conservée entre les plaquettes. Ce sont des dolomies construites du sommet du SC II, qui montrent en plaque mince (voir photo n° 51, pl. XII, à 326,50 m dans le sondage 60) des aspects tout à fait analogues à ceux que L. CAHEN a figurés dans son étude des récifs du calcaire de Sekelolo (1950).

L'interprétation de ce poudingue de la base du SC III est délicate. Les variations brutales de pendages, jointes à l'abondance de la matière organique évoquent un phénomène brusque, qui pourrait être un glissement sous-aquatique à grande échelle. Ce dernier aurait pu être la conséquence d'un basculement généralisé mettant fin à la sédimentation marine "ouverte" du SC II. Les plus récents matériaux carbonatés, et les algues qu'ils portaient, auraient glissé au fond d'une lagune sursalée.

Le sommet du SC III.

e) Alors que la base de l'étage n'a été reconstruite que par sondages à Boko-Songo, le sommet est connu à la fois par sondage et par des coupes de surface assez continues, parmi lesquelles je citerai celles des rivières M'Bombi, Kalomba, Louhomba, Kimpongui.

Les faits observés sont les suivants :

- Partout le sommet de l'étage est composé des mêmes calcaires argileux bariolés sur lesquels reposent des schistes argileux rouges, un peu calcareux, avec un niveau de conglomérat intermédiaire lenticulaire, appelé Brèche du Bangu-Niari.

Ce dernier est composé de galets de calcaire, de dolomie, de cherts ou de schistes calcareux pris dans une pâte calcaire-gréseuse. Les éléments sont à Boko-Songo un peu anguleux avec un début d'érosion. On y observe des stratifications entrecroisées et un certain "graded-bedding".

Des récurrences calcaires peuvent exister au-dessus du poudingue et des niveaux argileux rouges existent dans les derniers bancs de calcaires argileux.

- Lorsqu'il existe, le conglomérat de base peut avoir entre 0,50 m et 9 m de puissance dans la Cuvette de Boko-Songo. Il lui arrive d'être scindé en deux bancs bien distincts, séparés par des schistes calcaro-gréseux gris-vert comme dans la rivière Kimpongui, ou des calcaires avec microbrèches algaïres comme dans S. 15. Le poudingue peut être remplacé par des calcaires très grossiers, composés de cristaux de calcite de 1 à 3 mm de diamètre (affluents rive gauche de la Haute-Mounouani), ou par un sable quartzeux mal cimenté, à grains anguleux (sondage 34 à Djenguilé ou SG-1 à Boko-Songo). Lorsqu'il n'existe pas, on passe sans discontinuité apparente des calcaires bariolés aux schistes argileux rouges.
- On trouvera sur la coupe S. 15 une description de ces niveaux.

Ces faits rejoignent exactement ceux qu'ont décrits J. HINAULT (1953-a) et J. COSSON (1953). Nous verrons plus loin leur signification régionale.

Ici je me bornerai à suggérer l'hypothèse suivante :

Pendant la longue période de formation du SC III, nous avons vu que le climat était probablement chaud (sédimentation calcaire et saline, très abondante flore algaire) ; les apports continentaux étaient faibles. On peut supposer que, sur le domaine continental, ont pu s'accumuler pendant ce temps des stocks argileux d'altération. A la fin du SC III, les lagunes où se sont faits les dépôts, voyaient diminuer leur concentration, sans que change beaucoup leur "paysage", (persistance des algues, même dans la brèche) ; l'érosion, reprenant sur le continent, y déversait en même temps des masses argileuses, accompagnées ou non des matériaux fluvio-torrentiels du poudingue du Niari.

L'ETAGE SC III (C5) A L'ECHELLE REGIONALE

En A.E.F. le SC III, pris dans son ensemble, forme partout le soubassement des formations schisto-gréseuses depuis la latitude de Mouila (1° 40' Sud) jusqu'au bassin du Moyen-Niari (4° 20' Sud) ; si bien que la répartition de ses affleurements se déduit de celle des zones schisto-gréseuses qu'il cerne, par exemple sur la carte au 1/2 000 000.

Dans la région de Renéville, les géologues du Bumifom individualisent encore un ensemble SC III sous le Schisto-gréseux, tout en notant que les faciès y sont différents de ceux qu'on observe en général.

Au Congo belge, le SC III (C5) se trouve aussi aux limites des séries schisto-gréseuses, mais en Angola, ces dernières viennent recouvrir en nette transgression les étages inférieurs du Schisto-calcaire.

Les formations du SC III individualisé existent donc sur plus de 800 km, le long de la chaîne du Mayombe, en une bande large d'une soixantaine de kilomètres en moyenne, mais dilatée jusqu'à 180 km environ dans les vallées du Bas-Congo et du Niari.

A - STRATIGRAPHIE REGIONALE -

EN 1920, DELHAYE et SLUYS (1920), après une étude très approfondie du Schisto-calcaire, proposaient l'échelle suivante, valable pour les régions du Niari et du Bas-Congo :

Etage SC III ou C5 - Puissance totale : 330 m

C $\frac{4}{5}$ Dolomies et calcaires fétides supérieurs.

Dolomies compactes, gris-jaunâtre ou gris-clair, calcaires gris-clair saccharoïdes et calcaires gris-noir très charbonneux, grossièrement cristallins, se clivant suivant des surfaces courbes. Roches stratifiées en bancs épais, mais passant graduellement aux couches sous-jacentes. Faciès analogues à ceux du C $\frac{1}{5}$ mais en général moins foncés.

C $\frac{3}{5}$ Schistes onctueux de la Guvu.

Schistes dolomitiques, gris verdâtre ou gris-noir, onctueux au toucher, contenant des bancs de calcaire argileux magnésien, parfois oolitique. Ce niveau n'existe pas au Niari.

Calcaires écailleux.

Calcaires argileux-magnésiens et dolomies de texture serrée et cristalline ; couleur gris-bleu clair à gris-noir. Stratifiés en lits minces à structure souvent ondulée. Passage ménagé aux couches sous-et sus-jacentes. Silex gris-clair ou rose.

A la partie inférieure, les dolomies sont foncées ou gris-clair, stratifiées en bancs ou en lits se débitant facilement ; à la partie supérieure, elles se chargent d'argile en proportion croissante vers le haut.

Dolomies calcaires fétides inférieurs.

Dolomies noires, finement cristallines, stratifiées en bancs épais, avec intercalations, de faible puissance, de calcaires à structure écailleuse, de teinte claire, et de calcaires noirs très charbonneux, rares au Niari, grossièrement cristallins à plages courbes, Silex assez rares gris-bleu ou noir.

Par la suite, alors que V. BABET n'avait pas cherché à subdiviser le SC III, tous les géologues du Niari et du Bas-Congo ont étudié ce problème de très près, dès la reprise des recherches minières.

Le tableau suivant (p. 74) rassemble les données acquises dans le bassin du Moyen-Niari.

J'ai disposé les coupes-types fournies par les différents organismes, d'Ouest en Est en allant de gauche à droite ; leur corrélation correspond à une coupe générale de la formation d'Ouest en Est.

L'examen de ce tableau permet de faire les remarques suivantes :

- La division en trois du SC III a été partout adoptée.

- L'épaisseur totale semble plus grande à Boko-Songo et M'Fouati (330 et 360 m) qu'à M'Passa et Mindouli (220 (?) et 210 m à 290 m) et plus encore qu'à Renéville (180 m). Il y a diminution de puissance d'Ouest en Est.

- Les divergences d'épaisseurs entre les différents sous-étages sont probablement surtout dues aux manières différentes dont sont faites les coupures. Il faudrait dans chaque cas, une étude assez serrée pour établir des divisions à base sédimentologique, comme nous avons tenté de la faire à Boko-Songo. La plus grande épaisseur de la zone moyenne par rapport aux deux autres semble un fait assez général.

- L'oolite de Kisantu se retrouve partout, au sommet de la zone inférieure.

BOKO-SONGO (G. BIGOTTE, 1955)	M'FOUATI (F. TORTOCHAUX, 1952)	M'PASSA (A. CARLIER, 1953)	MINDOULI (A. RIEDEL et J. NICOLAI, 1952)	RENEVILLE (A. RIEDEL et J. NICOLAI, 1952)
Calcaires bariolés 15 m Calcaires bréchiques 35 m Dolomies zonées 40 m 90 m	Dolomies gris-clair avec niveaux d'oollites, bancs de silex et bancs calcaires. Brèche algaire à élé- ments charbonneux 150 m	Dolomies grises massives avec couches calcaires, oollites et Stromatolites 60 m	Calcaires dolomitiques et dolomies massives avec : - oollites - micropoudingues "chloriteux" - brèches - stromatolites 40 - 60 m	Calcaires marneux gris, avec in- tercalations de calcaire dolomiti- que gris sombre lité ; ripplemarks, pseudoolites "chloriteux", Stromatolites. 180 m
Calcaires dolomitiques 60 m Dolomies massives 30 m Dolomies à sulfates 50 m 140 m	Dolomies en plaquettes avec niveaux organigènes. 150 m	Calcaires dolomitiques souvent en plaquettes avec nombreux niveaux organogènes. 100 m	Calcaires, calcaires dolomi- tiques et dolomies à faciès nombreux et variés. Oollites et micropoudingues Stromatolites 150 - 200 m	
Dolomies rubanées 40 m (oolites Kisanu) Dolomies à sulfates 27 m Brèche sulfurée 21 m 88 m	Oolite de Kisanu et schistes argileux 60 m	Oolite de Kisanu, marnes argileuses, dolomies grises com- pactes. 60 m	Oolite de Kisanu, calcaires bréchiques.	

BOUCLE DU NIARI (P. NICOLINI - 1953)		REGION DU MOYEN-NIARI (J. COSSON - 1953)		BAS-CONGO BELGE (L. CAHEN - 1954)	
Calcaires lithographiques gris ou bleus, pyriteux, avec calcaires gréseux ; schistes mauves ou gris micacés, calcaireux à intercalations de calcaires.	SC III sup.	SC III d SC III c	Calcaires soit argileux gris-vert, soit cristallins silicifiés passant vers le haut à des schistes argileux lie de vin Dolomies massives gris-clair à pyrite, un niveau stromatolites + oolites. Base fencée et brèche.	C 5 C 5	Calcaires dolomitiques généralement de teinte claire, avec niveaux d'oolites vers le sommet et cherts. 30 à 50 m
Au sommet, niveau de grosses oolites Dolomies noires, fétides, parfois en plaquettes et talqueuses, souvent hydrocarbonées.	SC III moyen	SC III b	Ensemble dolomitique sombre, fétide massif ou en plaquettes. Intercalations marneuses et calcaires ; horizons à pseudo-oolites et micro-poudingues, stromatolites. Base chargée de gypse.	C 3 C 5	Calcaires dolomitiques plus ou moins sables et bitumineux, plus ou moins fétides, avec schistes et calcaires et au moins un niveau oolitique, et cherts. Dolomies fétides noires, avec calcaires dolomitiques clairs, calcaires, cherts, etc ... 95 à 105 m
Au sommet, argillites jaunes à horizons silicifiés noir-violacés, brèche et oolitiques : oolite de Kisanu. Dolomies et calcaires de couleur claire à cherts "en croûte" et à nombreux stromatolites.	SC III inf.	SC III a	Dolomies grises fétides massives puis en plaques, surmontées de marnes argileuses. Au sommet oolites de Kisanu. Base de calcaires brèche.	C 2 C 5	Oolite de Kisanu : plusieurs bancs lenticulaires d'oolites et pseudooolites silicifiées généralement grises ou noires, sphériques, ellipsoïdales ou discoïdales ; ces bancs sont intercalés dans des schistes et calcaires. 10 à 40 m
				C 1 C 5	Calcaires dolomitiques clairs avec zones noires fétides. 20 à 40 m
			(330 m)	C 0 C 5	Conglomérat, brèche, oolites peut-être lenticulaire. quelques mètres

Passons maintenant à une comparaison similaire entre des coupes générales du SC III disposées du Nord au Sud. Le tableau (p. 75) rassemble les coupes données par P. NICOLINI (1953) pour la boucle du Niari, par J. COSSON (1953) pour le bassin du Niari et par L. CAHEN (1954-c) pour le Bas-Congo belge. La coupe établie à Boko-Songo ne diffère guère de celle de J. COSSON, en groupant simplement au sommet de l'étage ses divisions SC ^c III et SC ^d III.

La puissance totale semble moins forte au Bas-Congo (280 m) ; j'ai pu constater qu'elle est aussi moindre dans la boucle du Niari.

La coupe établie à Boko-Songo est donc une des plus complètes, correspondant à la partie centrale de l'aire de dépôt du SC III.

Sauf peut-être à Renéville, nous ne possédons guère de données sur les faciès de bordure du SC III. Le long du Mayombe ils ont été érodés ; vers l'Ouest ils disparaissent sous des terrains plus récents. La paléogéographie de l'étage sera donc difficile à atteindre, sinon impossible.

B - RELATIONS DU SC III AVEC LES FORMATIONS VOISINES AU TOIT ET AU MUR.-

1°) Contact avec le SC II.-

Les premiers auteurs plaçaient la base du SC III aux niveaux d'oolites "chloriteuses" dites de Kisantu. Les auteurs belges ont les premiers signalé l'existence sous ces niveaux de dolomies grises plus semblables à celles du SC III qu'aux calcaires du SC II, et d'un niveau brèchique dont ils proposaient de faire la base du SC III. Ensuite dans la région de Mindouli, les géologues du Bureau minier ont trouvé des "calcaires brèchoïdes" sous l'Oolite de Kisantu. Les formations recoupées à Boko-Songo par le sondage 60 viennent confirmer l'extension de ces niveaux brèchiques de la base du SC III.

La signification sédimentologique de la coupure est difficile à préciser : le SC II est un ensemble de calcaires argileux marins ; avec les couches à anhydrite du SC III débute un régime "lagunaire". Le passage de l'un à l'autre correspond donc plutôt à une régression. Dans ces conditions il serait peut-être plus facile de considérer les faciès brèchiques en question comme des brèches sédimentaires à grande échelle. Je ferais volontiers appel pour les expliquer aux processus, décrits par M. GIGNOUX et M. AVNIMELECH (1937), "par intrusion et éclatement". Ici, il s'agirait des effets produits dans les sédiments par la cristallisation à partir de leurs eaux "connées" des sels qu'elles contenaient dès ce moment, c'est-à-dire au début de l'époque SC III. L'extension régionale du phénomène traduirait l'extension régionale de l'installation du régime "salin" de sédimentation.

Notons enfin, au passage, que bien des brèches sédimentaires du SC III peuvent s'expliquer très vraisemblablement par les mêmes processus.

2°) Contact avec le Schisto-gréseux.-

Cette coupure, très importante pour la géologie régionale, a été maintes fois discutée. Jusqu'en 1949 on considérait généralement que le Schisto-gréseux reposait sur le Schisto-calcaire en pseudo-concordance, sur une surface d'érosion correspondant à une certaine lacune, un conglomérat-brèche sporadique se trouvant à la base (Brèche du Bangu-Niari). La concordance des deux formations était discutée, ainsi que l'ampleur de la lacune.

Pour J. LEPERSONNE (1948) il y a eu une période continentale assez longue, accompagnée d'un ridement de faible intensité ; en même temps l'auteur conclut à la probabilité d'une nette transgressivité du Schisto-gréseux sur le Schisto-calcaire, vers le Sud.

V. BABET, après n'avoir accordé qu'une faible importance stratigraphique à la brèche du Niari (1929), admet dès 1932 une certaine discordance angulaire, au moins dans la région de la boucle du Niari, et une transgression du Schisto-gréseux vers l'Est.

En 1949, M.C. BRANDES individualise aux environs de la frontière de l'Angola une nouvelle série, dite de la M'Fidi, entre Schisto-calcaire et Schisto-gréseux. Il s'agit surtout de grès et de schistes gris-vert dont la puissance peut atteindre 75 m, situés sous la brèche du Bangu-Niari, occupant une dépression anté - M'Pioka du Schisto-calcaire. En 1952, Ph. MATHIEU a consacré un mémoire à l'étude de cette formation.

A la suite de cette découverte, les géologues français trouvent en plusieurs points des couches qu'ils baptisent M'Fidi, mais dont la puissance ne dépasse pas 30 m et situées en général au-dessus du conglomérat principal. Ajoutant ses observations à celles de J. HINAULT, J. COSSON (1953) montre le passage progressif des calcaires supérieurs du SC III aux argilites calcareuses du p₁^a dans la région de Boko-Songo.

Enfin, récemment L. CAHEN (1954-c) a repris l'ensemble de la question. Les points suivants semblent acquis : le Schisto-gréseux est transgressif sur le Schisto-calcaire ; entre les deux ensembles existent des formations conglomératiques ou gréseuses. Pour ces dernières, l'auteur suggère le schéma suivant :

" Lorsque la série de la M'Pioka repose sur le Schisto-calcaire, on trouve souvent à sa base deux formations conglomératiques, dont l'inférieure constitue une brèche résiduelle antérieure au Schisto-gréseux et l'autre est le conglomérat de base du M'Pioka. Lorsqu'elle repose sur la série de la M'Fidi, la série de la M'Pioka comporte uniquement un poudingue de base de faciès analogue au conglomérat supérieur du cas précédent.

Le rapprochement de ces deux superpositions fait penser que la série de la M'Fidi représente une formation contemporaine de la brèche résiduelle comprise

entre Schisto-calcaire et M'Pioka.

Cette brèche serait en somme le faciès subaérien d'une formation dont la série de la M'Fidi serait le faciès subaquatique".

Mes observations dans la Cuvette de Boko-Songo concordent avec celles de J. HINAULT et de J. COSSON.

La coupe de S. 15 en particulier montre, en outre, que peuvent coexister les calcaires argileux du sommet de SC III et le conglomérat. Ces faits cadrent assez difficilement avec le schéma proposé par les auteurs belges. Dans la région de Boko-Songo nous avons vu que le SC III, plutôt qu'une tendance à l'émersion, montre une évolution inverse vers un milieu aquatique moins concentré en sels. Les apports détritiques du Schisto-gréseux commencent à se produire avant la fin de cette évolution et on ne voit nulle part trace d'une émersion. Il faut donc ajouter ce troisième type de contact aux deux déjà envisagés par L. CAHEN. La période d'apports argileux dans la sédimentation calcaire pourrait être parallélisée à celle des faciès subaériens ou subaquatiques "M'Fidi".

Les sédiments gréseux ou détritiques se sont donc disposés sur une surface Schisto-calcaire tantôt émergée, tantôt immergée, en tout cas fort irrégulière. Pour rendre compte de cette irrégularité, on a le plus souvent fait appel à l'érosion pendant une période d'émersion. Soulignant l'opposition de nature des sédimentations schisto-calcaires et schisto-gréseuses d'une part, le caractère subsident de l'aire occupée par ces formations de l'autre, caractère qui se poursuit pendant le Schisto-gréseux, je suggérerai l'hypothèse suivante : "l'évènement" enregistré par ce changement de sédimentation s'est produit nettement en dehors de l'aire considérée, mais il a eu pour corollaires des mouvements épirogéniques cassants dont le jeu vertical a provoqué la formation de compartiments plus ou moins élevés ou abaissés dans le Schisto-calcaire. M. GYSIN (1953) a envisagé une hypothèse similaire à moindre échelle pour la structure des terrains de MavoIo (Angola) ; en même temps, il propose une origine par "écroulement" de la brèche.

Il reste le problème de la discordance. Les mouvements épirogéniques précédemment envisagés me semblent pouvoir participer sans difficulté du style tectonique de la région, comme nous le verrons au chapitre suivant. Dans la mesure où ils compartimentent le massif schisto-calcaire, ils constituent une phase indépendante, et les formations de remplissage (M'Fidi et autres) sont stratigraphiquement discordantes sur le Schisto-calcaire. Par contre le Schisto-gréseux serait concordant sur l'ensemble, les discordances observées localement résultant de dysharmonies lors de mouvements ultérieurs.

- CHAPITRE III -

T E C T O N I Q U E

Nous avons vu que Boko-Songo se trouve au milieu d'une vaste aire sédimentaire, le "synclinal du Niari". Les dépôts s'en sont formés dans une grande dépression subsidente qui longeait à l'Est la chaîne mayombienne. En même temps qu'elles se formaient, ces couches ont subi des dislocations de nature diverse, provoquées par les mouvements du socle, liés à la subsidence.

Ce dernier point est partiellement hypothétique ; nous allons voir ce que l'étude détaillée de structures de la région de Boko-Songo peut nous apprendre à ce sujet.

ANALYSE TECTONIQUE DE QUELQUES ACCIDENTS DE LA CUVETTE DE BOKO-SONGO -

Les travaux de recherche minière que nous avons poursuivis à Boko-Songo nous ont, dès le départ, placé devant le problème de la localisation du minerai.

Dans un pays dépourvu d'affleurements, en dehors de spectaculaires chapeaux de fer, comment diriger les sondages, implanter les travaux miniers ? Dès les premiers levés, la faille que j'ai nommée "faille de Boko-Songo" apparut déterminante dans la localisation de la minéralisation. Mais il fallait aussi comprendre sa structure, celle des accidents qui lui étaient liés et déterminer quels facteurs contrôlaient l'emplacement de la minéralisation, quand elle existait.

Cette étude se fit peu à peu, au fur et à mesure que s'accumulaient les éléments fournis par les levés détaillés de surface, ceux qui résultaient des mesures géophysiques, et les données fournies par les sondages.

Nous allons passer en revue tous ces renseignements, mais il faut bien voir qu'ils ont été acquis dans un ordre quelconque, au gré de l'exécution des programmes, quelquefois aléatoires en pays équatorial. Là plus qu'ailleurs, un sage échelonnement des phases de travaux est nécessaire pour assurer l'utilisation la plus rationnelle possible des sommes dépensées.

Comportement mécanique des roches.

Les roches qui affleurent dans la région présentent des caractéristiques mécaniques très variables quant à la manière dont elles réagissent aux efforts tectoniques.

Par exemple, des sondages américains, dans la région de M'Passa, ont montré qu'une faille affectant des couches en surface pouvait, en profondeur, passer à un pli. Les notions de "compétence" et d'"incompétence" des couches ont été très fréquemment utilisées au Niari ; leur utilité est évidente, mais il est bon d'en préciser la définition. Citons J. GOGUEL (Traité de Tectonique, p. 186) :

"... les bancs dont le seuil de plasticité est le plus élevé, et qui alternent avec des lits beaucoup plus plastiques qu'eux, se comporteront de telle manière que leur déformation propre soit la plus faible possible ; elle sera généralement très faible dans leur plan et se réduira à une simple torsion. Ceci traduit objectivement, sur le plan des propriétés mécaniques, la distinction impliquée par les termes anglais de "competent" et "incompetent". Ce sont les bancs incompetents qui permettent les dysharmonies" ... (en se plissant indépendamment) ...

Il s'agit expressément ici de couches ; élargissant la signification des termes, L. MORET (Précis de Géologie, p. 365) définit ainsi les roches compétentes :

"Une roche compétente est une roche qui, au cours des phénomènes de plissement, se comporte comme un matériau rigide, cassant, et ne présentant pas d'écoulement plastique, tout en étant souple, puisqu'il peut se plisser". Une roche incompetente a les propriétés inverses.

LAHEE (Field geology, p. 182) fait en outre remarquer que ces caractères sont relatifs :

"Une roche peut être compétente par rapport à une autre et incompetente par rapport à une troisième".

Enfin, la "compétence" d'une roche dépend de sa profondeur au moment des déformations, car sa plasticité relative dépend de la pression hydrostatique qu'elle subit. Ceci étant rappelé, nous pouvons donner une échelle relative de compétence, des roches rencontrées au Niari, d'après les formes de leurs strates, telles qu'on les voit sur le terrain ou dans les travaux.

Il n'y a pas variation continue d'une roche à l'autre ; le tableau suivant n'a qu'une valeur qualitative. On voit immédiatement que dans le SC III, les niveaux supérieurs et moyens sont compétents tandis que les niveaux inférieurs sont franchement incompetents. Le P_1^b forme une assise compétente entre les niveaux souples du P_1^a et du P_1^c , ainsi que les grès de l'Inkisi. Globalement le SC II est moins compétent que le SC III. Entre tous ces niveaux, nous observons donc de nombreuses réactions de dysharmonie et cela à toutes les échelles, depuis celle de l'échantillon jusqu'à celle de l'étage complet ; il est très important, et souvent difficile, de distinguer ces réactions dysharmoniques des discordances angulaires stratigraphiques, ainsi que des phénomènes, contemporains du dépôt, de glissement sous-aquatique (cf. photo 52, pl. XIII).

	Roches schisto-calcaires	Roches schisto-gréseuses
<u>Compétentes</u> ↑ ↓ <u>Incompétentes</u>	Roches carbonatées cristallines en gros bancs Roches carbonatées à grain fin en gros bancs Roches carbonatées en plaquettes ou en petits bancs Roches carbonatées schisteuses, le plus souvent microbréchiques ou organogènes Schistes carbonatés Argile Roches à gypse	Grès-quartzites arkosiques à grain gros ou moyen Grès-quartzites à grain fin Schistes microgréseux Schistes argileux

Le comportement du gypse ou de l'anhydrite est important à connaître. Il faut distinguer deux catégories de phénomènes :

- a) - ceux qui sont liés au comportement de l'anhydrite en présence d'eau,
- b) - ceux qui résultent uniquement des propriétés mécaniques de l'anhydrite ou du gypse.

a) Plusieurs auteurs ont montré que l'anhydrite reste stable dans son gisement, même en présence d'eau (P. LAFFITE, 1952). Ceci tient ensemble aux conditions de pression, de température et de concentration.

De toute façon, la transformation de l'anhydrite en gypse ne provoque que de faibles efforts, et ce, dans des cas particuliers seulement. Les phénomènes de dissolution sont en général les plus probables (J. FARRAN et M. ORLIAC, 1953).

Laissant de côté les phénomènes diagénétiques, il apparaît qu'à Boko-Songo où le cycle actuel d'érosion est relativement récent, des efforts dûs à la seu-

la hydratation de l'anhydrite sont peu probables. Des phénomènes de dissolution ont certainement eu lieu, et se poursuivent à l'heure actuelle. Une source sulfurée naturelle existe au Nord de Boko-Songo, plusieurs sondages ont été éruptifs en eau sulfurée lorsqu'ils atteignaient les couches à sulfates à Boko-Songo. La composition chimique de l'eau, dont le tableau suivant donne trois exemples, montre qu'elle transporte des sulfates et des sulfures ; ces derniers proviennent vraisemblablement de la réduction des premiers par des bactéries, amenées par l'eau de la surface.

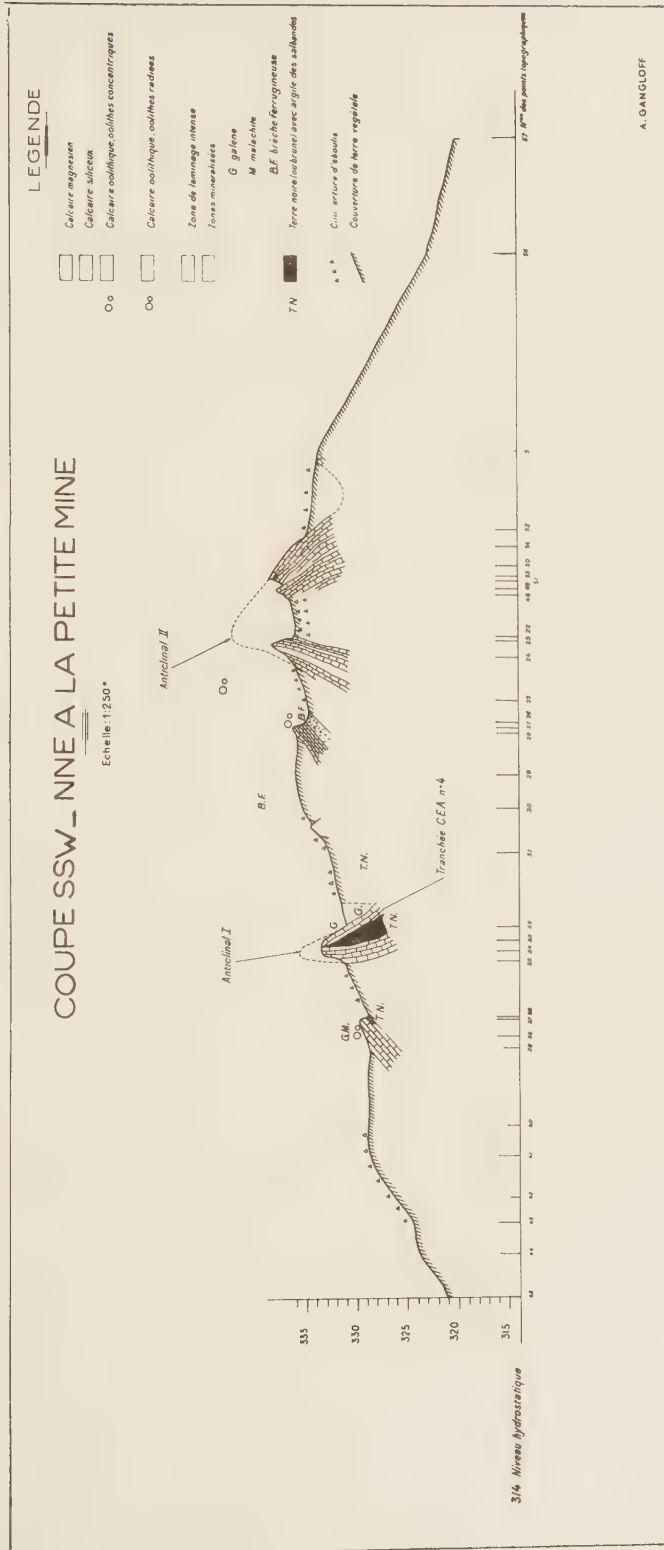
Analyses effectuées au laboratoire de la Direction des Mines et de la Géologie de Brazzaville	Sondage 26 Petite-Mine	Puits principal Petite-Mine (Sondage de fond)	Source de la Loemba
Résidus d'évaporation à 105° Résidus fixes à 180°	2 g 35 2 g 13	3 g 05 2 g 83	3 g 09 2 g 97
Carbonates en CO ₃ Chlorures en H CL Sulfates en SO ₃ CaO MgO Fe Co 2 libre Sulfures en S SH 2 dissous	3,1 5,5 997,4 532 175 1,5 1,8 5,5 0,2	79 7,2 1 423 789,5 233 1,8 1,6 - -	2,9 1 320 911 185 6 néant 5,4 0,2
Dosés	1 722,0	2 535,1	2 430,5
Ph. Degré hydrotimétrique	7,1 130°	7,4 192°	6,9

b) Les niveaux sulfatés représentent des formations plastiques par rapport à celles qui les entourent. Cette plasticité tient surtout à la facilité avec laquelle leur substance se dissout et recristallise. Elle sera maxima au voisinage des failles et diaclases susceptibles d'amener l'eau nécessaire à ces transformations. C'est bien ce qu'on constate à Boko-Songo.

1° - Observations en surface : description de quelques structures dans la Cuvette de Boko-Songo.

Là comme ailleurs dans le Niari, il est commode de classer les structures selon leur direction d'allongement. Dans la Cuvette, on en connaît trois :

- la direction mayombienne, qui varie de Nord 32 à 44 grades Ouest, quand elle n'est pas altérée (torsion des axes, voir plus loin),



- Fig. 9 -

- la direction combienne, de Nord 64 à 71 grades Est.

- la direction submérienne, de Nord géographique 12 à 21 grades Est.

Je décrirai quelques structures de chacune de ces directions, avec les traits particuliers qu'elles présentent.

a) Direction N.O. - S.E. (mayombienne)

- Immédiatement à l'Ouest du poste de Boko-Songo, une colline d'une trentaine de mètres de haut, la Petite-Mine, exposait, avant les travaux du C.E.A., des bancs rocheux fortement redressés et tectonisés dont A. GANGLOFF a levé la coupe ci-dessus (fig. 9). Si en surface, on peut distinguer deux anticlinaux faillés assez nets, dans la galerie G1 - G2 qui traverse la Petite-Mine à peu près le long de notre coupe, on ne retrouve pas exactement cette disposition ; nous verrons, à propos des sondages, que l'ensemble de la Petite-Mine correspond bien à un anticlinal, plus exactement à un pli extrusif, de style éjectif. Les roches des affleurements montrent deux sortes d'altérations : les efforts qu'elles ont subis les ont plus ou moins broyées ou diaclasées ; les fissures sont souvent remplies de calcite ou de dolomie blanche ; de nombreuses zones laminées avec développement de minéraux talqueux séparent les bancs durs.

Le plan suivant (fig. 10, p. 85), où sont reportés les pendages des couches, montre en outre, que les axes des deux anticlinaux ont été tordus vers l'Est.

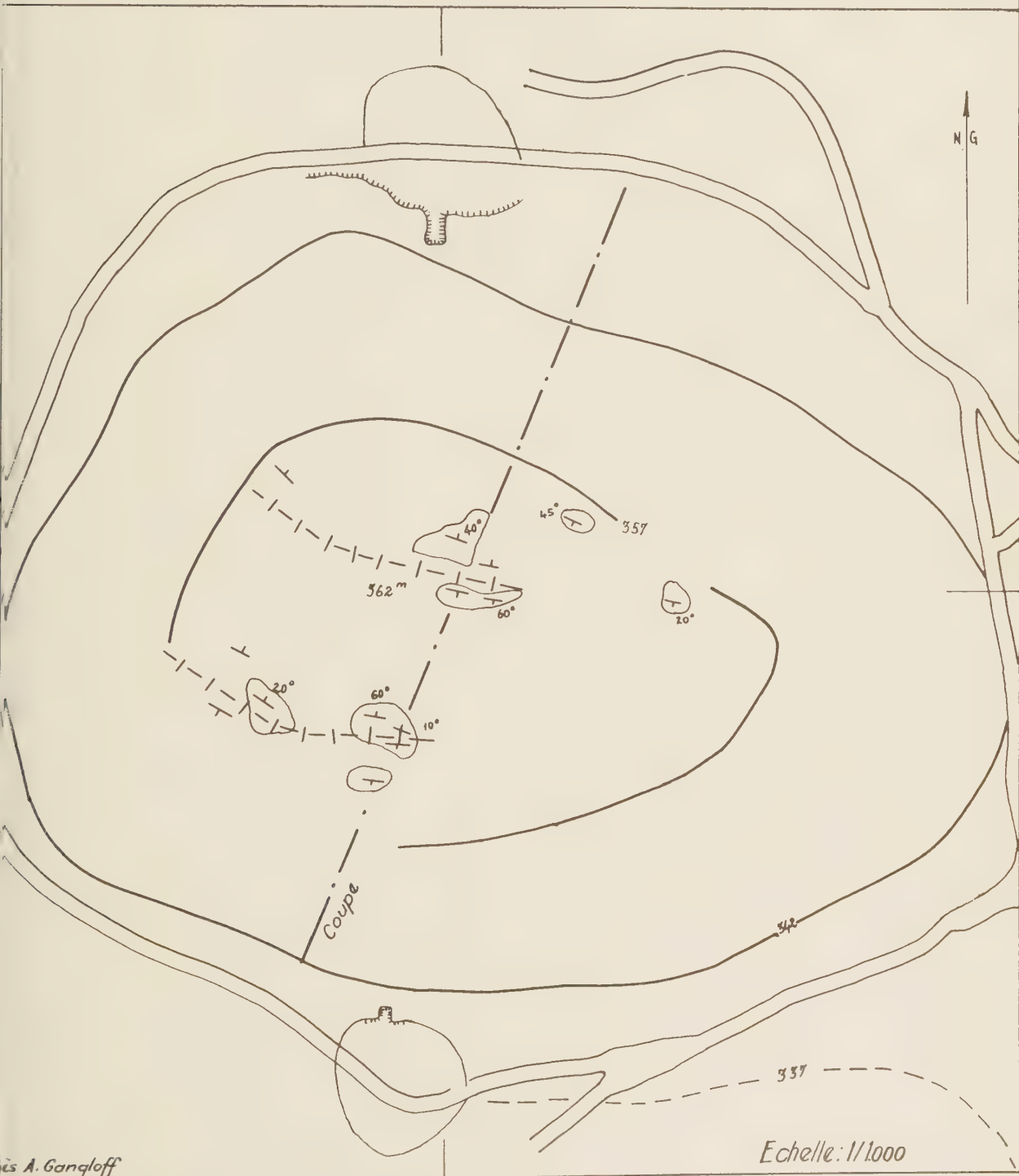
Cette disposition se retrouve presque toujours au voisinage des accidents combiens (E.N.E. - O.S.O.). J'en ai donné un autre exemple (Grande-Mine) dans une note préliminaire (G. BIGOTTE 1954) ; on trouvera deux photographies de structures similaires sur la planche XIII, photos n° 53 et n° 54.

- Au Nord de la Cuvette (cf. carte au 1/10 000), dans la rivière Louhomba, affluent de la Bissikila, j'ai relevé sur la rive droite la coupe détaillée de la page 86 (Fig. 11).

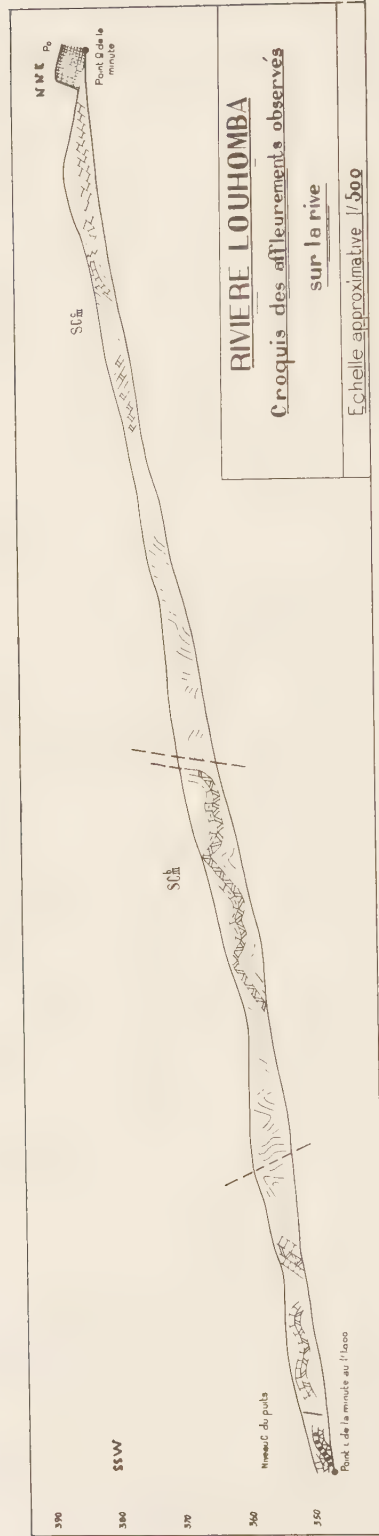
Tous les petits plis et décrochements qu'on y voit, ont des axes à peu près parallèles, de direction mayombienne. Ils donnent aux couches une allure gondolée, dysharmonique, caractéristique de cette deuxième sorte de structure.

- Enfin, les rivières Bissikila et Matadi près de leur confluent montrent une dernière perturbation de ces accidents ; elles coulent d'abord sur des schistes argileux du P₁^a, puis sur les calcaires du SC III supérieur ; ces couches forment des ondulations de direction mayombienne, mais les axes n'en sont pas horizontaux : ils ont une pente d'environ 30 G vers le Sud, voisine de celle des rivières à cet endroit (fig. 12, p. 87).

TECTONIQUE EN SURFACE A LA PETITE-MINE

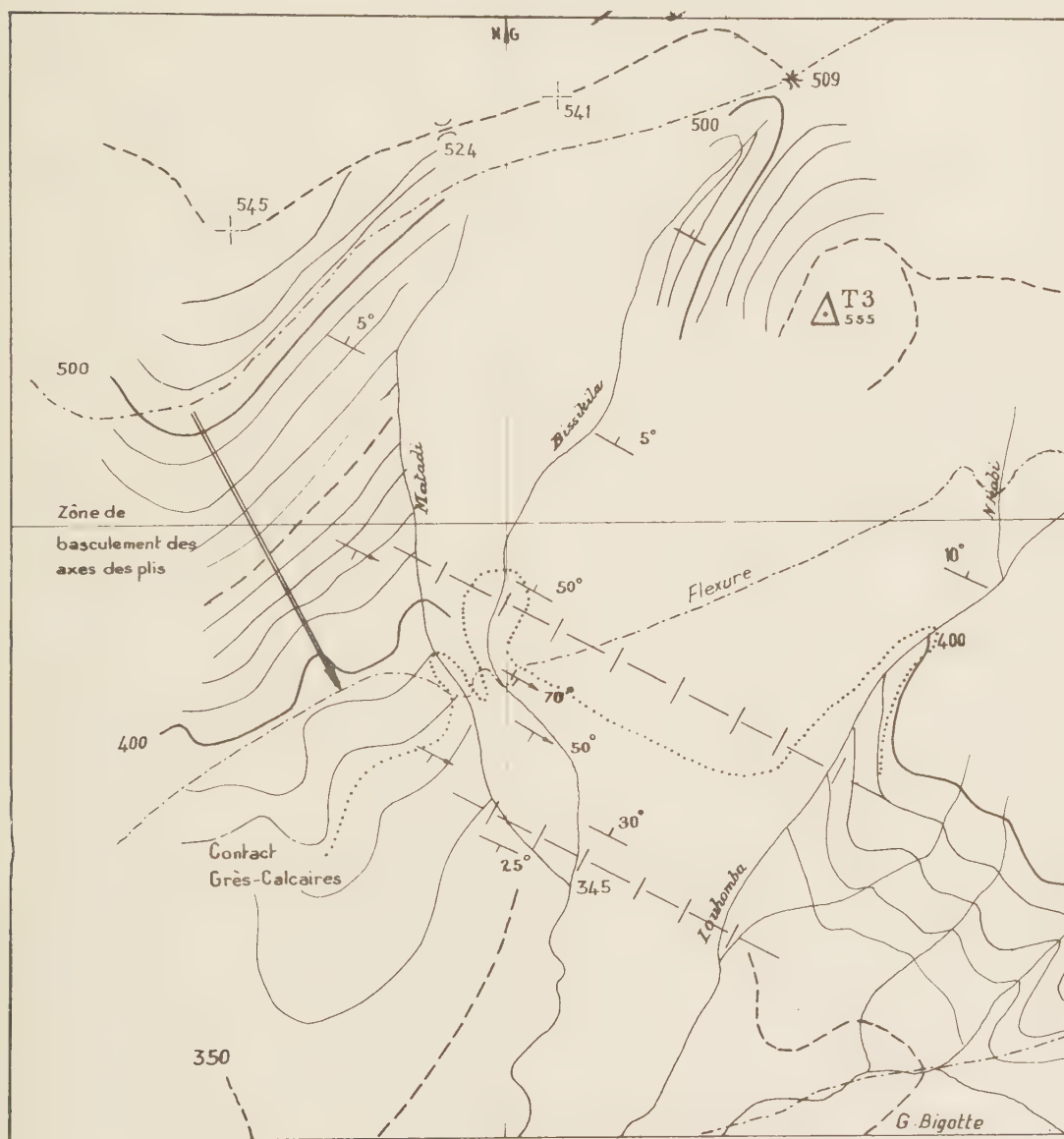


- Fig. 10 -



- Fig. 11 -

En résumé, selon la direction mayombienne, nous observons à Boko-Songo des plis violents, de style extrusif, et des ondulations variées de couches ; les



- Fig. 12 -

axes de ces structures peuvent être soit tordus vers l'Est dans un plan horizontal, soit basculés dans un plan vertical.

b) Direction E.N.E. - O.S.O. (combienne) :

Cette direction apparaît moins nettement dans la disposition des bancs ;

on voit surtout des diaclases.

- A la Grande-Mine existaient à l'extrémité Ouest du chapeau de fer, cinq affleurements rocheux dolomitiques (A) et à l'extrémité Est, dans une excavation, un affleurement ferrugineux massif (B) où j'ai pu retrouver trace de la direction des bancs. En voici les pendages (fig. 13) :



- Fig. 13 -

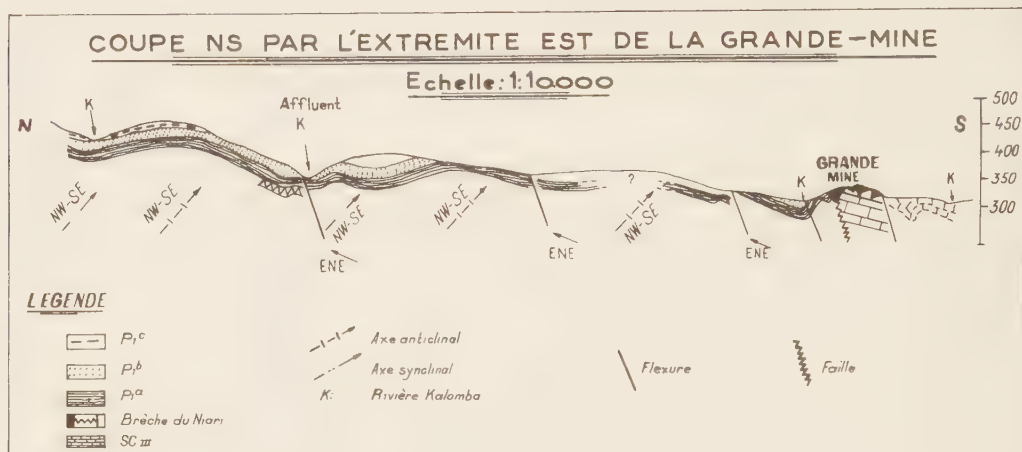
Les couches du bord Sud du chapeau de fer de la Grande-Mine ont donc une direction E.N.E. - O.S.O. avec un pendage variable vers le Sud.

- Au Nord-Est de Boko-Songo, la vallée encaissée de la Mounouani, avec ses affluents, est riche en affleurements dont le levé détaillé a abouti à l'esquisse suivante (fig. 14, p. 89) ; l'accident principal, de direction E.N.E. y est compliqué de plis mayombiens et d'une faille presque N.S. (R. Viki) ; les couches, brisées et tordues en tout sens, montrent des directions et des pendages très divers qui rendent l'interprétation difficile. Enfin de nombreux amas ferrugineux et une pyritisation générale des mylonites jalonnent la faille combienne (E.N.E.).

- Si nous construisons une coupe N.S. dans le rebord Nord de la Cuvette, nous obtenons la figure suivante, où les directions des structures, qui ne sont pas perpendiculaires au plan de coupe, ont été indiquées (fig. 15, p. 90).

Outre les directions de plis très ouverts N.O. - S.E., qui sont mayombiennes, on voit une série de flexures de direction E.N.E. combienne, dont l'effet d'ensemble est d'abaisser les couches du Nord vers le Sud. Le point le plus bas correspond à la faille minéralisée de Boko-Songo ; une disposition inverse s'observe

de l'autre côté de la Cuvette permettant aux couches de rattraper leur cote primitive. Cet abaïssement d'ensemble par flexures parallèles à l'accident principal me semble explicable par un abaïssement d'un compartiment du socle à l'aplomb de



- Fig. 15 -

cet accident ; ce serait en somme une disposition analogue à celle que nous verrons dans la rivière Poa (page 101), les mesures géophysiques fournissent un argument supplémentaire.

En résumé, selon la direction combienne (O.S.O. - E.N.E.) nous observons à Boko-Songo des failles jalonnées de minéralisations et de mylonites, dont un compartiment a, au voisinage de la faille, un faible pendage S.S.E. (direction des couches parallèles à la faille) et des flexures parallèles dont l'effet est d'abaïsser progressivement les couches jusqu'à l'accident principal.

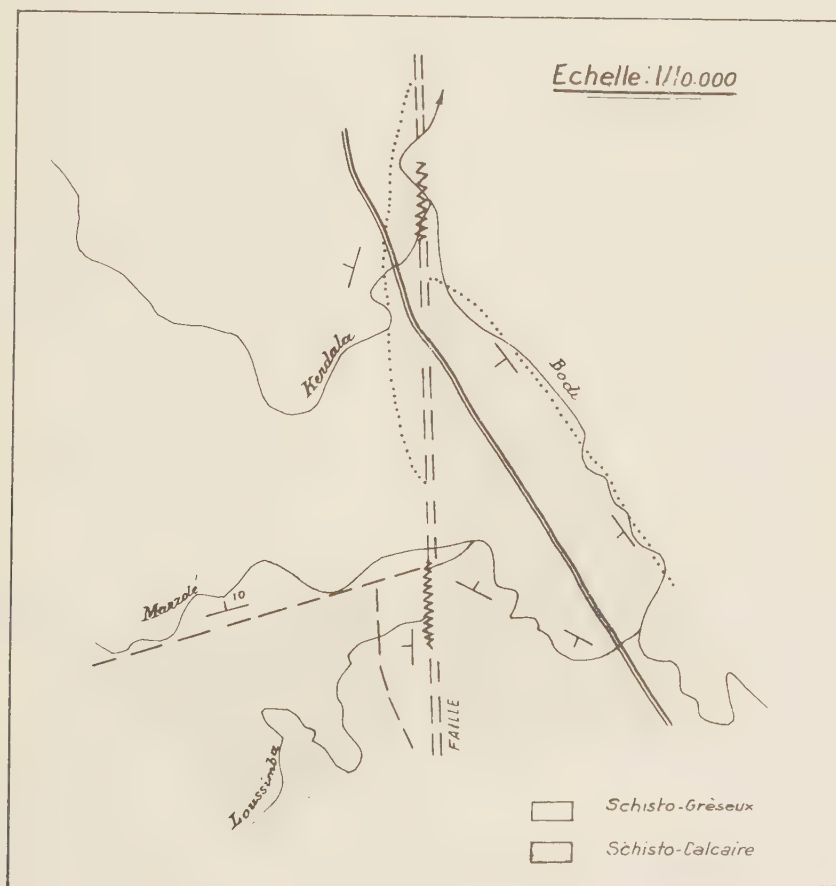
c) Direction subméridienne

- Sur la figure 14 précédente (zone de la Mounouani) une faille N. 9G E. est figurée dans la rivière Viki ; elle y est, en effet, bien visible, mettant en contact des schistes argileux à l'Est avec des grès feldspathiques à l'Ouest ; les schistes argileux ont un faible pendage Ouest.

- Plus à l'Est dans la Cuvette de Boko-Songo, la rivière Kimpongui coule du Nord au Sud vers la route (cf. carte hors-texte au 1/10 000). Son cours supérieur longe un autre accident subméridien : une faille, qui affecte successivement les dolomies et calcaires du SC III supérieur, les schistes argileux du P_1^a et les grès feldspathiques du P_1^b . Dans ces dernières roches très dures s'est développée une brèche tectonique recimentée en calcite, dont les éléments peuvent atteindre la grosseur du poing. La direction de la faille est de 23G E. dans les dolomies et calcaires, et 21G E. dans les grès. De part et d'autre, dans les affluents ou sur les flancs

de la vallée, se notent de petits plis-failles de direction mayombienne, qui ne se prolongent pas au-delà de l'accident subméridien.

- Mais c'est aux environs des confluent des rivières Bodi, Kendala, Manzolé et Loussimba, dans l'angle Nord-Est de la Cuvette qu'on voit le mieux les rapports d'un accident N.S. avec les autres traits structuraux. Selon le croquis suivant (fig. 16, p. 91), les levés de J. HINAULT et les miens montrent que la faille N.S. a un rejet qui s'inverse quand on passe de la Loussimba à la Kendala ; plus ou moins dans l'axe de la Manzolé arrive de l'Ouest un accident combien, qui s'arrête sur la faille N.S. ; dans la Bodi les couches, tantôt calcaires, tantôt gréseuses, ont une direction mayombienne, qu'on ne retrouve pas dans leur prolongement au-delà de l'accident.



- Fig. 16 -

2° - Données fournies par les sondages. -

L'étude détaillée des 9 706 mètres de sondages exécutés à Boko-Songo a apporté de nombreuses informations sur la structure des terrains.

Deux procédés principaux ont été mis en oeuvre pour cela : la mesure des pendages et les corrélations de niveaux repères.

a) Mesure des pendages

Toutes les fois que l'épaisseur des bancs n'est pas très grande par rapport au diamètre de la carotte, la détermination directe du pendage est possible dans un sondage vertical ; quand le sondage est incliné, on mesure l'angle de la couche avec l'axe du sondage. Les diaclases, les plans de friction fournissent aussi des données angulaires importantes. Au long d'un même sondage, on peut mesurer des angles variables et il faut alors considérer leur moyenne, ou leur "tendance dominante".

Il est souvent arrivé à Boko-Songo que même cette "tendance" ne puisse être dégagée avec certitude ; les sondages étant presque tous implantés dans des zones fortement dérangées, il était impossible à l'échelle de la carotte de distinguer les angles importants, masqués par des plissements secondaires. Les stromatolites provoquaient des incertitudes du même ordre.

Sauf exception⁽¹⁾, les carottes de sondage au diamant ne renseignent pas sur la direction des couches ; il faut faire appel à des techniques spéciales, d'ailleurs relativement peu coûteuses⁽²⁾, qui n'ont malheureusement jamais été employées à Boko-Songo.

Au total, les mesures d'angles sur les carottes apportent surtout une confirmation aux données fournies par le deuxième procédé, la corrélation des logs.

b) La corrélation des logs et les problèmes qu'elle soulève au Niari.

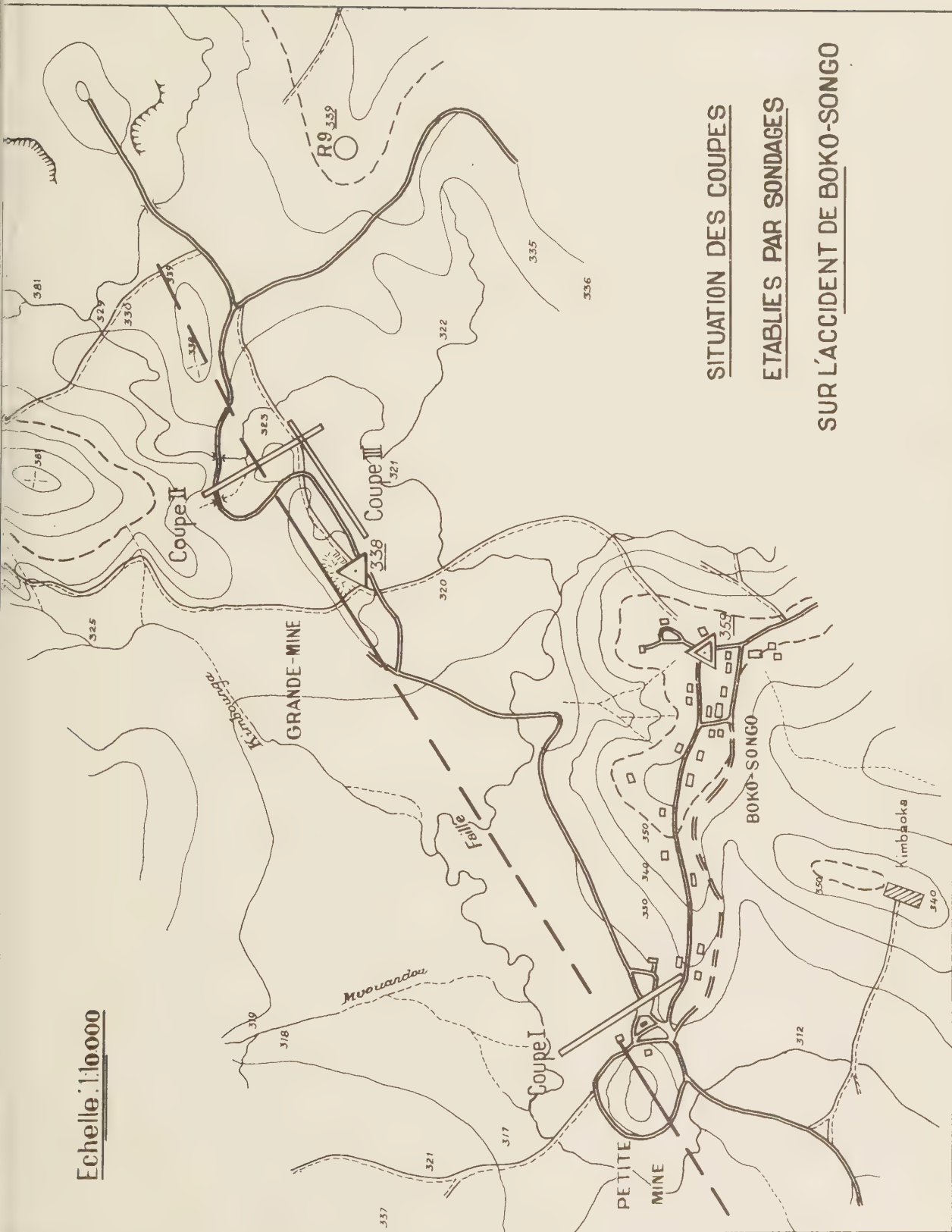
Les sondages sont groupés par "lignes de coupe" orientées selon le problème qu'on veut résoudre. On cherche ensuite à suivre le mouvement des couches d'un sondage à l'autre. Dans des faciès aussi variés et aussi changeants que ceux des roches de Boko-Songo, il faut pour cela déterminer des niveaux repères, dont la constance sur une étendue donnée est suffisamment certaine. La plupart du temps d'ailleurs, on utilise plus l'association de plusieurs niveaux qu'un seul.

Dans le Schisto-calcaire, ce sont les niveaux organogènes, brèches algaïres, oolites, stromatolites, qui nous ont fourni la plupart des repères utilisables

(1) Par exemple au sondage 19 à la Petite-Mine, incliné : plans de litage exactement perpendiculaires à l'axe du forage.

(2) K.W. BARR, CONDER, Carter in Bull. Ann. Ass. Petrol Geol. 1952 - 36 - n° 1
- Procédé Denis (Paris) par tiges non tournantes et entaille.
- Procédé Sud-africain : photographie de l'entaille au fond du forage.

Echelle: 1:10.000



SITUATION DES COUPES
ETABLIES PAR SONDAGES
SUR L'ACCIDENT DE BOKO-SONGO

à l'échelle des travaux miniers. Ils n'ont en général que quelques millimètres à quelques centimètres d'épaisseur : d'où la nécessité d'obtenir un bon carottage. Or, les terrains du SC III sont en général difficiles à bien carotter, car ces mêmes niveaux y ont une dureté et une cohésion beaucoup plus faibles que celles des dolomies encaissantes.

Ce problème du carottage est très important pour les recherches minières dans le Schisto-calcaire ; de sa solution rationnelle dépend en fait l'efficacité des sondages comme moyen de recherche du minerai. En effet, pour trouver ce dernier, il faut d'abord procéder à l'analyse structurale du secteur prospecté ; en l'absence d'affleurements, les carottes devront fournir les éléments nécessaires. Je crois qu'il n'est pas inutile d'insister sur ce point.

c) Je donnerai ici trois coupes établies par sondages, relatives à la structure de la faille de Boko-Songo. Les deux premières I et II lui sont perpendiculaires et comprennent respectivement le puits principal de la Petite-Mine et 16 sondages d'une part, et 5 sondages de l'autre ; la troisième est de direction parallèle à la faille, dans la même zone que la coupe II, et comprend 4 sondages (voir plan page 93, fig. 17).

Coupe I (cf. fig. 18, page 95).

Elle est verticale et située immédiatement à l'Est de la Petite-Mine. Malgré un mauvais carottage moyen, la coupe parfaite du puits a permis de débrouiller la succession des niveaux repères.

Les "traces théoriques du plan des accidents" n'ont qu'une valeur graphique ; dans la réalité les failles correspondantes se relaient, s'anastomosent, s'éteignent pour reprendre plus loin, selon la nature des roches qu'elles affectent. Dans la partie avoisinant le puits, il a été possible de représenter un certain nombre de lignes de diaclases.

Au Sud des accidents principaux (à droite), la direction des couches est perpendiculaire à celle de la coupe, ou combienne (E.N.E.) ; au Nord (à gauche) elle est oblique ou mayombienne (N.W.).

L'accident principal, dans le plan duquel s'est produit le plus grand rejet est celui qui passe dans les sondages 23 et 33 ; la zone tectonisée du sondage 30 correspond au broyage des bancs durs de direction mayombienne au voisinage de l'accident. Entre les deux se placerait une sorte d'écaille peu perturbée.

Le gypse apparaît dans le sondage 26 à la côte 195.

Dans une coupe parallèle, construite 100 m à l'Ouest de celle-ci, le gyp-

se apparaît dans la zone broyée à la côte 150 et, à la hauteur du puits, à la côte 170 ; l'écaille intermédiaire a disparu. Toutes les autres caractéristiques de la coupe I se retrouvent fidèlement.

Coupe II (Fig. 19, page 97).

Elle est située à l'extrémité Est de la Grande-Mine et est aussi verticale. Les sondages qui la composent recoupent un certain nombre de zones minéralisées dont nous reparlerons plus loin.

En surface, on observe un énorme amas de terres ferrugineuses rouges, profondément remaniées par des fouilles indigènes antérieures ; dans une excavation, un affleurement de roches en place donne une indication de l'allure des couches dans la partie Sud de la coupe, que confirme les corrélations entre sondages : le pendage est de 30G vers le S.S.E., la direction E.N.E.

Au Nord au contraire, les couches sont fortement plissées selon les directions mayombiennes presque parallèles à la coupe.

Au milieu passe l'accident principal et les failles satellites qui le flanquent au Sud.

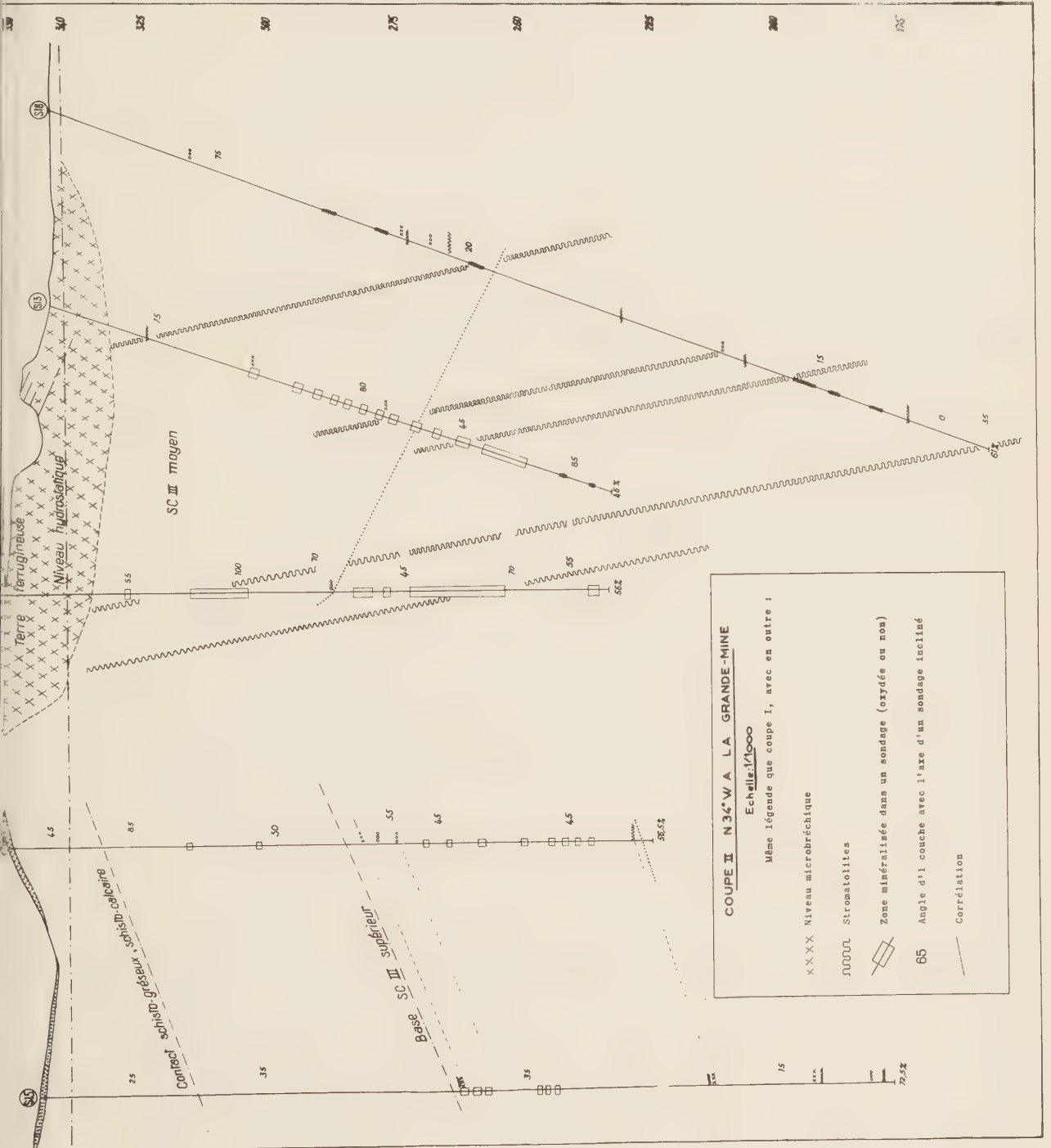
Coupe III (Fig. 20, page 99).

Elle est presque parallèle à l'accident et orthogonale à la coupe II, avec laquelle est commune le sondage S. 13. Elle est inclinée vers le Nord de 75 G, de même que les sondages S. 13, S. 20bis et S. 17. Le sondage S. 19 incliné de 60 G a été rabattu légèrement. Alors que dans la partie supérieure de la coupe, les niveaux repères se retrouvent dans les 4 sondages à peu près à la même cote, dans la partie inférieure, après qu'ils aient traversé la zone de l'accident, ils les recoupent au contraire à des cotes très variables d'un sondage à l'autre.

Dans le détail interviennent un certain nombre de complications dues à des failles secondaires, dont une partie n'est pas parallèle à l'accident principal ; il n'est pas possible de débrouiller complètement ces particularités.

Un certain nombre d'autres considérations d'ordre tectonique peuvent être tirées de l'étude des sondages de Boko-Songo. Dans un souci de simplification j'ai groupé l'essentiel sur les coupes précédentes.

L'interprétation de ces coupes est déterminante pour la compréhension de la structure de l'accident minéralisé de Boko-Songo.



- Fig. 19 -

3° - Données fournies par la prospection géophysique (magnétisme) -

Plusieurs séries d'essais géophysiques ont été entrepris à Boko-Songo. Parmi eux, des mesures magnétiques à grande maille, couvrant toute la cuvette de Boko-Songo me paraissent apporter quelque chose à la compréhension de la structure de la région.

Ces mesures ont été effectuées à la maille de 500 m selon un quadrillage couvrant toute la Cuvette, dont un côté est parallèle à la "faille de Boko-Songo" (direction N. 75G E.).

Les appareils employés étaient deux variomètres et un magnétomètre enregistreur Ruska. Toutes les corrections de température, de variation et de fermeture ont été faites. La campagne a été exécutée par l'O.R.S.O.M., en liaison avec le C.E.A.

Si on reporte les mesures corrigées sur une carte, on constate immédiatement qu'elles se répartissent de part et d'autre de la zone faillée en anomalies positives et négatives d'une amplitude allant jusqu'à 30 gamma.

Sans chercher à entrer dans l'interprétation des courbes isanomales que l'on peut tracer à partir du quadrillage de mesures, nous nous contenterons de la remarque précédente, en la matérialisant sur la figure ci-contre (fig. 21 page 99).

Le plan de celle-ci est une coupe verticale passant par la Grande-Mine, de direction perpendiculaire à la faille, soit N. 30G W. (Voir carte au 1/10 000).

Les mesures se trouvant sur cette ligne de coupe ont été reportées en ordonnée sur la figure ; en joignant les points correspondants, on obtient la courbe expérimentale brute des anomalies de la composante verticale du champ magnétique le long du profil (trait plein). La variation normale de cette composante du champ magnétique terrestre est, sous cette latitude, assez forte (6 - 7 gamma par Km) (trait tireté), et on doit la soustraire en chaque point des valeurs brutes. On obtient alors la courbe des anomalies que l'on doit interpréter (trait double).

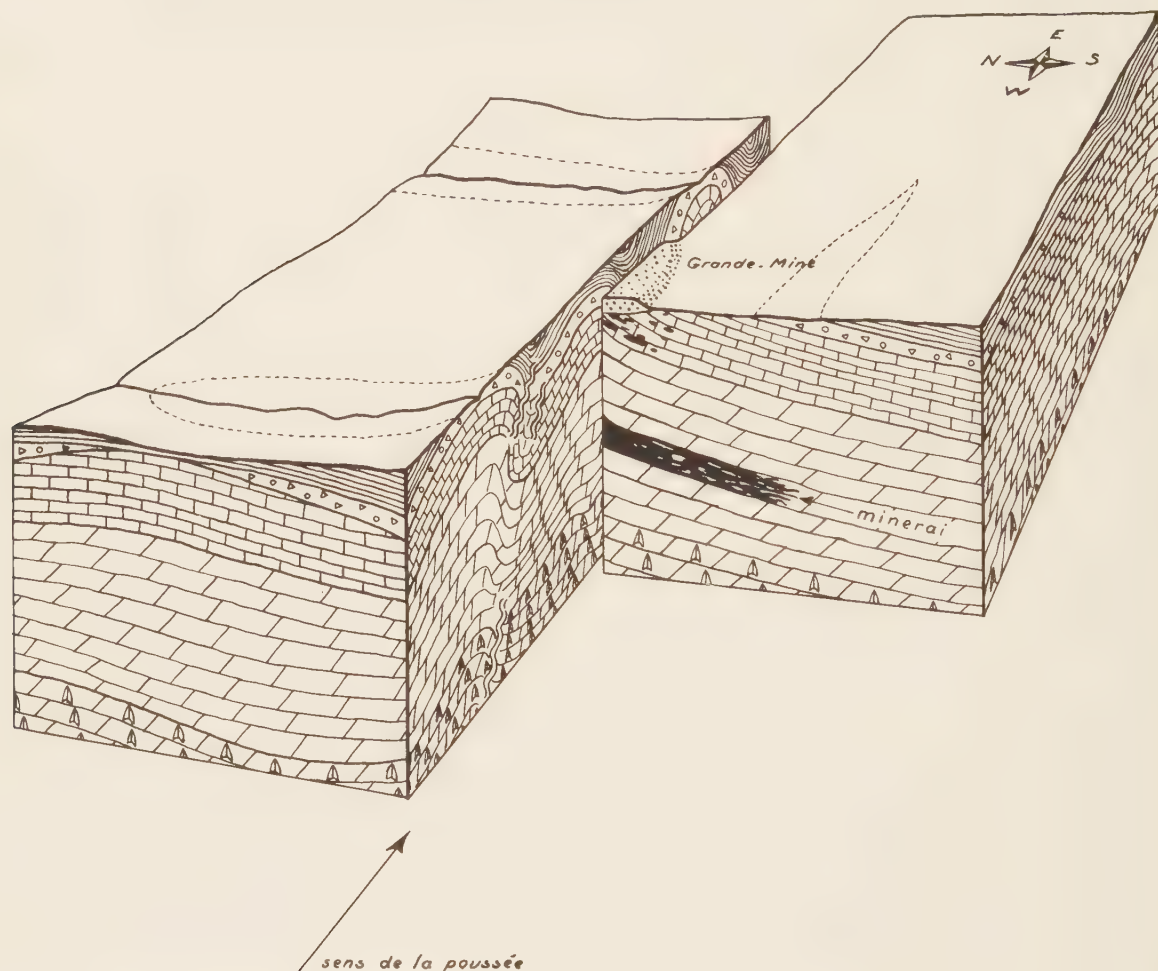
Une telle anomalie, dont les caractères essentiels sont sa faible amplitude et son étalement latéral, ne peut être produite que par une cause profonde. En d'autres termes, elle traduit un caractère concernant au moins les terrains inférieurs au Schisto-calcaire, sinon le socle lui-même. A Boko-Songo, sur les bases de la stratigraphie générale, on peut estimer qu'il y a environ 1 000 m de Schisto-calcaire et au moins 2 000 m de couches au-dessus de la Tillite inférieure, dans laquelle on connaît les roches non sédimentaires les plus proches (intrusions basiques).

Par comparaison avec les anomalies provoquées par diverses structures, définies à l'avance (filons, horsts, etc ...) les spécialistes peuvent chercher à proposer diverses interprétations de la figure 21. Je leur laisserai ce souci.

4° - Conclusion : structure de l'accident de Boko-Songo.

Rassemblons toutes les indications fournies par les analyses précédentes.

Nous sommes en présence à Boko-Songo de formes structurales diverses : des plis mayombiens qui peuvent être déformés de plusieurs manières et des failles combiennes et subméridiennes dont le rejet est essentiellement horizontal.



- Fig. 22 -

J'ai déjà (1954) indiqué que la faille de Boko-Songo (Petite-Mine - Grande-Mine - Mourouani) était une faille tangentielle de décrochement (Voir schéma ci-contre (Fig. 22)). Les accidents subméridiens de la Viki, de la Kimpongui ou de la Bodi sont d'une nature analogue. Les couches sulfatées ont grandement facilité le jeu de ces failles. Elles ont affecté le Schisto-gréseux (Kimpongui, Bodi) et sont donc plus récentes.

Mais ceci ne suffit pas à rendre compte de toutes les constatations faites. La torsion dans le plan vertical des axes des plis mayombiens, les directions combiennes d'un des compartiments des accidents combiens peuvent être rapprochés de la profondeur impliquée par les mesures magnétiques, ainsi que de l'affaissement général de la cote du contact Schisto-gréseux - Schisto-calcaire en approchant de la faille principale, pour avancer l'hypothèse que des mouvements verticaux profonds

du socle doivent être envisagés pour comprendre la structure des terrains à Boko-Songo. Ces mouvements sont postérieurs aux couches schisto-gréseuses de Boko-Songo (jusqu'au p_1^c) et postérieurs aux accidents tangentiels qu'ils déforment.

En résumé, l'étude détaillée des accidents de Boko-Songo nous montrent qu'ils ont une nature complexe due à une "tectonique tangentielle" qui s'est intercalée dans les différentes phases "d'une tectonique de fond".

EXEMPLES D'AUTRES STRUCTURES ANALOGUES DU BASSIN DU MOYEN-NIARI (Voir carte au 1/200 000).

1° - Bord Sud-Ouest du synclinal du Niari dans la région de Banda-Kayes.

Les observations suivantes ont été faites en compagnie de J. COSSON et J.P. WOLFF de la Direction des Mines et de la Géologie d'A.E.F., dans les rivières de la région de Banda-Kayes.

a) Les couches de la série de la Louila, de la Tillite et du SC I^b sont ici affectées d'une forte schistosité de direction N.W. - S.E., donc parallèle à celle du Mayombe, de fort pendage vers l'W.S.W. Mais on discerne souvent encore dans ces mêmes couches la trace de la stratification, qui est souvent de faible pendage, oblique sur la schistosité, et décrit une série de paliers séparés par des flexures parallèles à la schistosité. La figure suivante schématise cette disposition (Fig. 23, page 102).

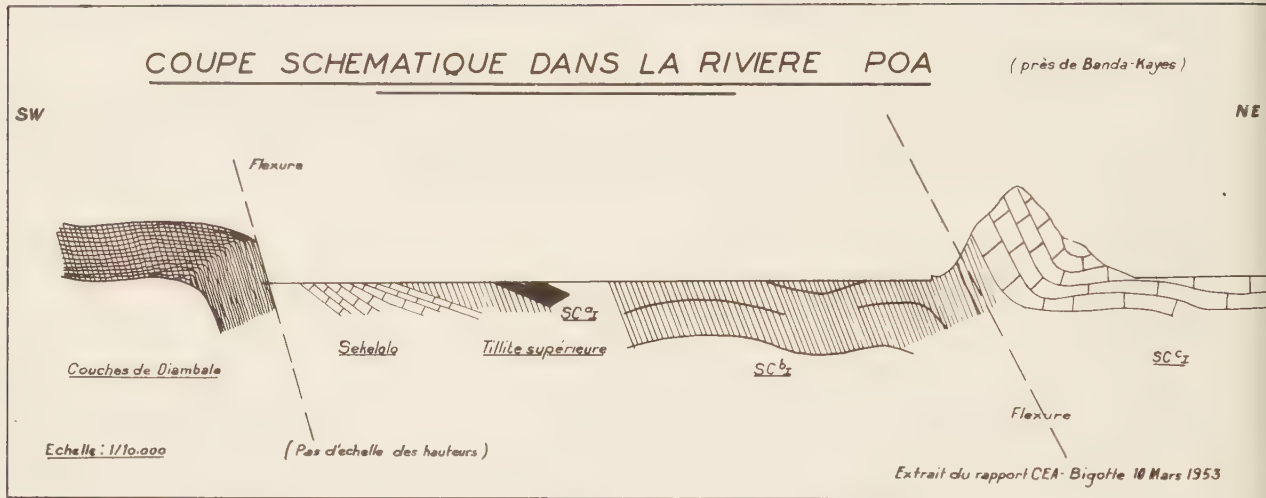
b) La faille de la Cuvette de Boko-Songo est importante et minéralisée ; sa direction est W.S.W. - E.N.E. (combienne).

Nous avons, à différentes reprises, cherché sa prolongation vers l'Ouest. Dans le massif de Kissenga les affleurements sont excessivement rares et à l'exception de quelques diaclasses, aucune observation certaine ne témoigne de sa présence.

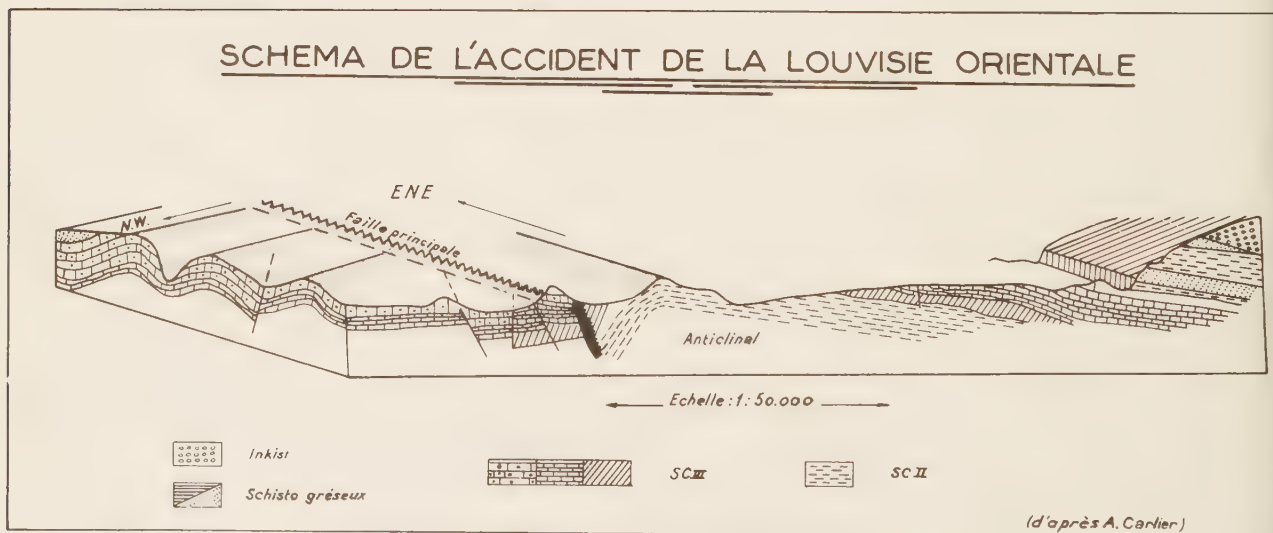
Par contre, à la retombée Ouest de ce massif, sous le village de Kissenga, le broyage des roches SC III des rivières Kimbakou et Loubouillou, sur l'exact prolongement de l'accident de Boko-Songo, nous paraît en marquer la réapparition. Plus loin, vers l'Ouest, nous ne l'avons pas retrouvé, mais des raisons morphologiques, en particulier le coude de la Louila, en aval de Diambala, nous font penser qu'il existe. L'étude de ses connexions avec les fronts de schistosité (tels que les a définis P. FOURMARIER) serait d'un très grand intérêt pour la compréhension de la tectonique de la région.

2° - Vallée de la Louivisie Orientale.

A. CARLIER a analysé dans cette vallée une structure que les géologues du Bumifom ont suivi le long des Monts Comba et de la vallée de la Loukouni.



- Fig. 23 -



- Fig. 24 -

De sa source à son confluent avec la Kingoye, la Louvisie orientale a un cours W.S.W. - E.N.E. situé pour sa plus grande partie sur le flanc Sud d'un anticlinal d'axe parallèle. Ce flanc et le coeur sont formés de roches SC II doucement inclinées vers le S. et de direction W.S.W. - E.N.E.

A partir du confluent avec la Kingoye, la Louvisie fait un coude brusque vers le Nord et coupant l'axe de l'anticlinal, coule presque normalement à lui. En suivant le cours de la rivière, on voit les couches SC II se ployer brusquement et plonger vers le Nord pour buter sur une zone broyée de plusieurs dizaines de mètres de puissance. De l'autre côté de cet accident, d'ailleurs complexe dans le détail, on trouve des couches SC III de direction N.W. - S.E. fortement plissées en faisceaux successifs de plis parallèles, aux charnières parfois cassées. (Voir la coupe schématique, fig. 24, page 102).

Pour expliquer la formation d'une telle structure, plusieurs géologues ont fait intervenir des "poussées" diverses, combinées de façons variées et aussi très hypothétiques. Une tectonique de socle, de la nature esquissée plus haut, nous semble pouvoir rendre compte plus simplement des différents traits structuraux de cette zone, analogue à celle de Boko-Songo.

3° - Cotes de la brèche du Niari aux environs de Boko-Songo.

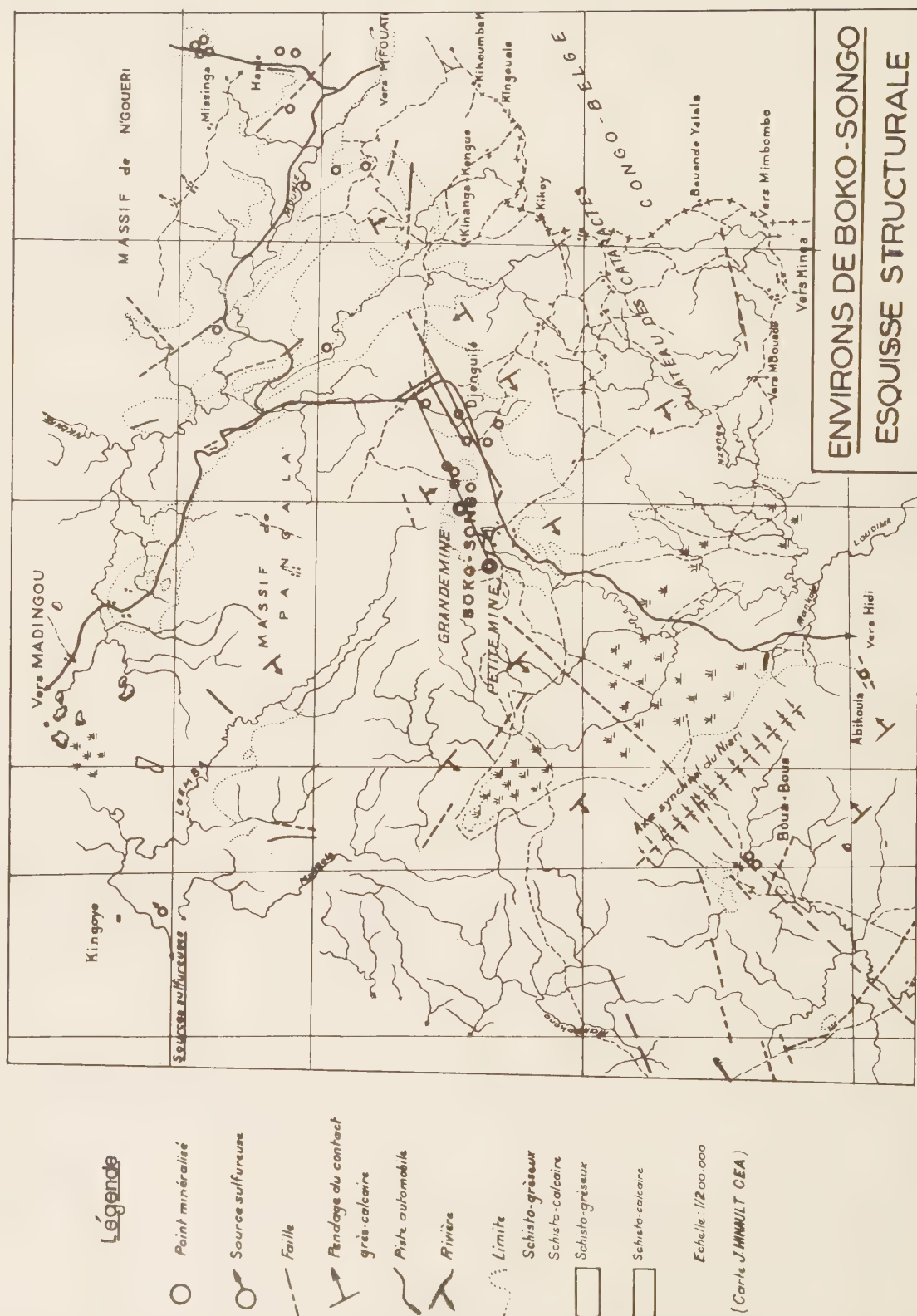
Les levés détaillés nécessaires à l'établissement de la carte géologique des environs de Boko-Songo, ont, entre autres, abouti à une planimétrie précise permettant de coter les principaux affleurements.

J. HINAULT (Voir carte ci-contre, fig. 25, p. 104) a rassemblé ceux de la Brèche du Niari, qui marque le contact entre Schisto-calcaire et Schisto-gréseux, et un épisode, à peu près partout synchrone, de la sédimentation. La forme spatiale d'ensemble actuelle de ce niveau est celle d'un vaste synclinal, d'axe N.W. - S.E. passant légèrement au Nord de Boua-Boua ; les pendages structuraux n'en sont troublés localement que le long de l'accident W.S.W. - E.N.E. de Boko-Songo. La cote du contact passe de 800 m en moyenne vers Hapilo à 270 m sur l'axe du synclinal. Le pli d'ensemble correspondant est "mayombien".

On pourrait citer nombre d'autres exemples de structures analogues au Niari : la mine d'Hapilo correspond à une faille de décrochement subméridienne ; dans la haute N'Kenké, on observe la virgation vers l'Est de tout un faisceau plissé mayombien au voisinage d'une faille combienne ; dans les vallées de la Loussossi et de la Mounié, les axes mayombiens sont basculés en direction vers le N.W., etc ...

ESSAI D'EXPLICATION.

Il semble que, pour les commodités de l'analyse, on puisse reprendre au



- Fig. 25 -

Niari la distinction entre tectonique de fond et tectonique de couverture, avec le sens précis qu'à donné R. Van BEMMELEN (1955) à ces notions de "tectogénèse primaire et secondaire".

La seconde concernera les structures telles que les plis mayombiens à grande ou petite échelle, avec les failles de décrochement qui leur sont liées.

La première aura produit des déformations du socle, qui auront servi de lignes directrices, sinon de cause aux secondes, la mosaïque des directions structurales du socle, se "décalquant" dans la couverture.

Dès maintenant, il est bon de noter que chronologiquement les mouvements de l'une ou de l'autre catégorie sont étroitement imbriqués et que, par conséquent, leur reconstitution détaillée ne sera valable que pour un ensemble donné à une échelle donnée.

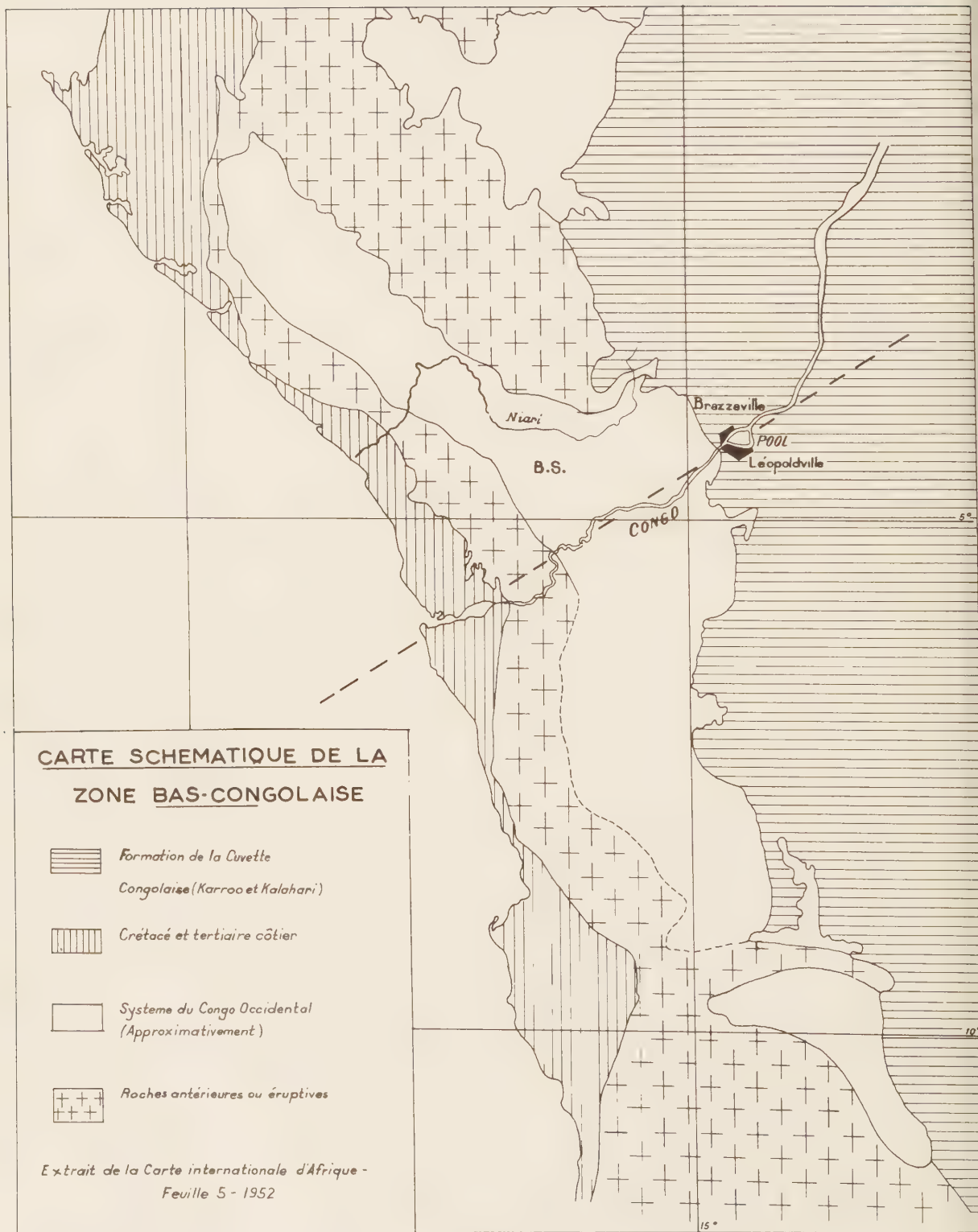
1° - Tectonique de couverture.

Sans préjuger du "moteur", qui peut avoir été la pesanteur, il conviendrait de délimiter d'abord ce qu'on attend par "couverture". Ici comme dans la plupart des chaînes anciennes, sur le plan mécanique, cette délimitation est fort difficile sinon impossible dans l'état actuel des connaissances. Par convention, nous placerons la limite socle - couverture à la première discordance angulaire importante observée en descendant l'échelle stratigraphique, c'est-à-dire au sommet de la Tillite inférieure. La "couverture" correspondra donc dans ce qui suit au Système de Congo occidental.

La tectonique de ces terrains a pour caractéristique essentielle d'être calme dans l'ensemble, avec des zones étroites fortement dérangées. A toutes les échelles, les structures les plus importantes et les plus fréquentes sur le domaine du Système du Congo occidental sont les plis mayombiens. Ces plis peuvent être accompagnés, en particulier au Bas-Congo belge et au Niari de décrochements tangentiels. Les directions de ces derniers ne sont pas quelconques ; les décrochements combien sont à peu près orthogonaux sur les plis mayombiens ; les décrochements subméridiens, sont bissecteurs des directions combien et mayombienne ; les uns et les autres résultent de mouvements du socle. Ceux-ci se manifestent par l'orientation des accidents et leur disposition relative, en créant dans la couverture des zones faillées qui peuvent jouer tangentiellement.

2° - Tectonique du socle.

On peut supposer que les mouvements verticaux de l'axe mayombien ont provoqué le plissement par "écoulement" des terrains de l'avant-pays de la chaîne, le Système du Congo occidental. Cela est compatible avec le schéma esquissé par

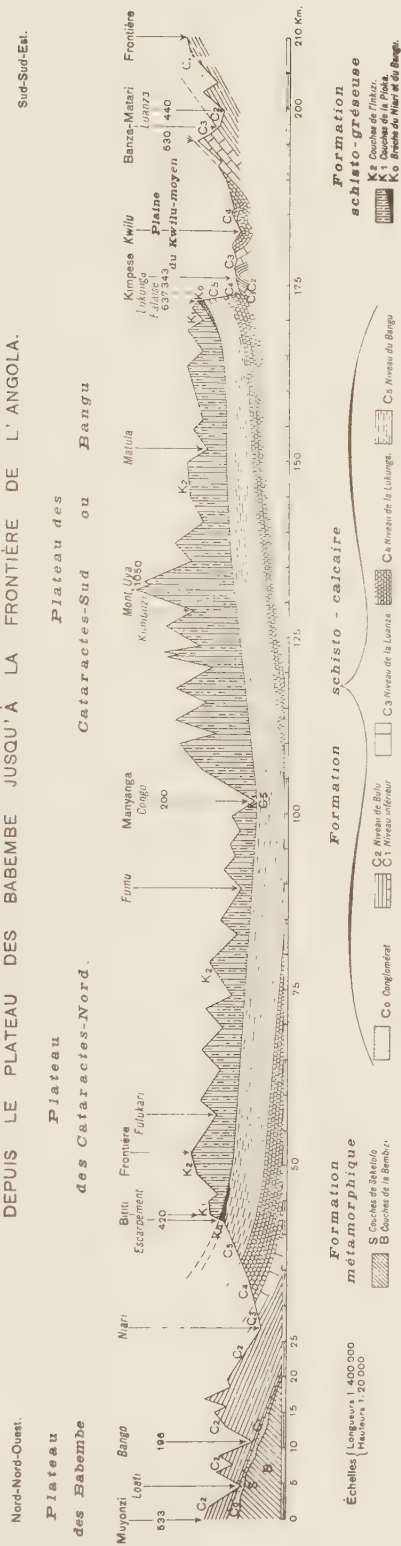


- Fig. 26 -

Annales de la Société géologique de Belgique. — Publications relatives au Congo belge (Année 1920-1921).

PLANCHE IV.

COUPE TRANSVERSALE AUX FLEUVES NIARI ET CONGO.
DEPUIS LE PLATEAU DES BABEMBE JUSQU'À LA FRONTIÈRE DE L'ANGOLA.



LES GRANDS TRAITÉS DE LA TECTONIQUE DU CONGO OCCIDENTAL COUPE IV.

J. COSSON (1955) pour l'évolution de la chaîne congolaise. La coupe fig. 23 de la page 102, en bordure du Mayombe vient aussi à l'appui de cette hypothèse. Mais ces mouvements ne se sont pas faits d'une manière uniforme, ni chronologiquement, ni en intensité, tout au long de la chapine mayombienne.

Chronologiquement les structures de la couverture se sont formées en même temps que se produisaient les mouvements de surrection du Mayombe, ou du moins de la partie de la chaîne structuralement correspondante (située en regard perpendiculairement aux couches). Nous avons vu que ces mouvements ont commencé dès le dépôt des sédiments de la couverture, qu'ils sont inséparables de leur subsidence. Pour préciser le problème chronologique, il faut alors distinguer des phases, ou tout au moins des variations de vitesse dans le mouvement, L'analyse sédimentologique du Système du Congo occidental permettra peut être d'atteindre ce stade.

Ultérieurement, la couverture a continué de se déformer parce que son propre soubassement continuait à être affecté de mouvements épirogéniques.

Envisageons maintenant le point de vue géographique. La carte schématique ci-contre (fig. 26, p. 106) sépare approximativement les couches du Système du Congo occidental des terrains antérieurs (Mayombe et Chaillu) et postérieurs (formations côtières et Cuvette congolaise). On remarquera la forme "en accolade" de l'aire occupée par le système du Congo occidental ; on la rapprochera de la coupe ci-contre, (fig. 27, p. 107), établie par Delhay et Sluys (1921) ⁽¹⁾ et, reprenant leur idée des "antécédents tectoniques de la vallée du Congo" (1917) nous formerons l'hypothèse que les différents compartiments de la chaîne mayombienne ont joué de façon à ménager en son milieu une aire déprimée, ceci dès le début de la formation des roches du Système du Congo occidental. La vallée du Congo occupe cette zone centrale, où la sédimentation a été plus épaisse et plus étendue vers l'Est. Le métamorphisme des formations y est aussi moins marqué qu'aux ailes de l'accolade (J. LE-PERSONNE 1951). La direction axiale est combienne et apparaît ainsi comme une direction structurale très ancienne et importante du socle africain.

(1) Réduite ici environ deux fois ; le tracé de cette coupe a été porté sur la carte au 1/2 000 000, page 9.

RESUME

Les chapitres qui précèdent contiennent beaucoup de faits dont certains sont nouveaux, et quelques hypothèses.

A - I. L'étage supérieur du Schisto-calcaire de Boko-Songo (SC.III) résulte d'une sédimentation chimique essentiellement carbonatée.

Deux ensembles de faits lui impriment son originalité :

1°) des éléments non carbonatés interviennent dans la sédimentation ; les uns y participent comme les évaporites ; d'autres semblent "accidentels" comme les silicates. Cette distinction est peut être artificielle. De toute façon, la genèse du sédiment ne peut être comprise qu'à travers une étude poussée des phénomènes "diagénétiques" qu'il a subis, auxquels il faut rapporter la dolomitisation et la silicification, les textures observées dans les niveaux évaporitiques, la formation des oolites. Ces dernières sont d'abord formées de talc et ce minéral semble bien ici d'origine sédimentaire. Une intense activité organique, surtout algaire, a accompagné la sédimentation elle-même. Rappelons enfin l'existence de dépôts secondaires de palygorskite.

2°) La succession des diverses couches du sédiment n'est pas quelconque : on passe toujours, en remontant la série, de niveaux représentatifs d'une sédimentation plus "concentrée" (évaporites par exemple) à des couches qu'on imagine formées en milieu plus "dilué" (calcaire par exemple).

Ceci est vrai aussi bien dans le détail des plus petits lits que pour les grands ensembles qu'on peut distinguer. Il y a donc un "style" négatif, récurrent et oscillant (au sens de A. LOMBARD) qui caractérise la sédimentation. Ce "style" est régional et c'est très probablement lui qui constitue le caractère le plus permanent des couches supérieures du Schisto-calcaire et le plus utilisable pratiquement pour leur corrélation stratigraphique et leur analyse paléogéographique.

II. A la base du SC III, on trouve à Boko-Songo une poudingue à ciment sulfaté ; au sommet, on y observe souvent un passage continu aux premières couches argileuses du Schisto-gréseux.

III. Plusieurs structures ont été étudiées en détail à Boko-Songo : elles comprennent des plis NW - SE (mayombiens) parfois "extrusifs", dont les axes peuvent être tordus dans le plan horizontal ou dans le plan vertical ;

- des failles tangentielles, des flexures et des plis à grand rayon de direction E.N.E. - W.S.W. (combienne) ou N.N.E. (subméridienne).

Des structures analogues existent dans tout le bassin du Niari.

B - Ces faits ont conduit à émettre plusieurs hypothèses dont voici les principales :

1) les oolites du SC III sont des formations diagénétiques de talc (oolites de Kisantu) qui ont subi une dolomitisation diagénétique ultérieure plus ou moins poussée ; le degré plus ou moins grand de dolomitisation atteint rend compte des différences observées dans les oolites actuelles, dont l'origine première était identique ;

2) la cause des "accidents" silicatés qui s'intercalent dans la sédimentation carbonatée pourrait être cherchée à l'extérieur du milieu de sédimentation. Ce dernier peut être décrit comme de vastes lagunes subsidentes, alimentées en eau marine.

3) Le changement de régime de sédimentation qui se place à la base du SC III est important ; il serait marqué à Boko-Songo par un glissement sous-aquatique à grande échelle. Le sommet du SC III est marqué par l'apparition d'une sédimentation détritique sans que le milieu où elle se produit subisse des changements géographiques importants.

4) La tectonique du SC III serait une tectonique d'écoulement consécutive à une tectonique épirogénique du socle, dont la vallée du Congo marquerait un axe très ancien.

ANNEXES : TABLEAUX DE RESULTATS D'ANALYSES

Je rassemblerai dans les pages suivantes un certain nombre d'analyses effectuées sur les roches du SC III. Ces tableaux synthétiques peuvent présenter une certaine utilité par la suite.

Les deux premiers tableaux comprennent des analyses de roches de provenances très diverses ; ils serviront de comparaison (C_5 = SC III).

Les deux tableaux suivants groupent des analyses d'échantillons provenant uniquement de Boko-Songo.

Provenance	Escarpement du Bangou (Congo belge)							
Sous-étage selon DELHAYE et SLUYS	Dolomies et calcaires fétides supérieurs			3 C 5	Toit de la série C ₃ ²			
Nature de la roche	Dolomie jaunâtre ou gris-bleu	Calcaire recristallisé	Calcaire recristallisé à gros grain	Schiste gris-verdâtre argilo-dolomitique	Dolomies grises en plaquettes foncées ou claires			
N° analyse	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	10,17	0,43	4,25	29,51	27,53	11,24	10,28	7,87
Al ₂ O ₃	2,58	0,12	1,47	9,64	3,64	4,27	2,20	1,49
Fe ₂ O ₃	0,53	0,24	0,71	1,48	1,41	1,33	0,96	0,01
MgO	14,26	0,23	0,25	4,35	4,48	4,06	7,04	5,43
CaO	31,14	55,12	51,32	28,12	33,67	42,63	43,10	45,98
SO ₃	0,12	-	-	0,37	tr.	-	-	-
Perte au feu	40,90	43,68	40,97	25,55	28,85	76,45	36,22	37,75
MgO insoluble dans HCl	0,27	-	0,36	1,98	2,77	2,05	5,32	4,53
CO ₃ Mg	29,38	0,48	0,52	4,98	3,59	4,22	3,71	1,89
CO ₃ Ca	55,60	98,43	91,04	50,21	60,11	76,12	76,96	82,40
Alcalis	-	-	-	0,76	-	-	-	-

Provenance	Escarpement du Bangu								
Sous-étage selon DELHAYE et SLUYS	C ² C ⁵	Mur de la série			C ² C ⁵				
Nature de la roche	Dolomie grise en plaquet- tes plus ou moins foncée				Dolomies grises en plaquettes				
N° analyse	9	10	11	12	13	14	15	16	
SiO ²	30,07	21,18	23,10	44,78	2,42	0,98	2,61	1,42	
Al ^{2O3}	1,69	5,39	0,72	1,36	0,19	0,46	1,13	0,54	
Fe ^{2O3}	0,78	0,96	1,18	0,31	0,33	0,69	0,31	0,46	
MgO	11,92	14,07	11,36	14,39	19,89	17,73	14,05	15,22	
CaO	22,10	24,79	21,70	14,52	31,01	32,97	36,12	36,14	
SO ³	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	
Perte au feu	29,93	32,96	35,22	23,95	45,26	46,64	44,67	15,78	
MgO insol. ds HCl	3,92	2,41	0,68	4,25	1,17	-	-	-	
CO ² Mg	23,09	24,48	28,74	21,29	39,31	37,23	29,50	34,86	
CO ³ Ca	39,46	44,26	44,11	25,93	55,43	58,87	64,50	64,53	
Alcalis	-	-	-	-	-	-	-	-	

Provenance	Escarpement du Bangu									
Sous-étage selon DELHAYE et SLUYS	C 5 I 1									
Nature de la roche	Dolomie noire massive	Calcaires cristallins noirs								
N° analyse	25	26	27	28	29	30	31	32		
SiO ₂	1,45	6,27	3,47	1,83	2,74	1,58	0,42	0,42		
Al ₂ O ₃	0,27	1,64	1,78	0,42	0,98	0,82	0,05	0,07		
Fe ₂ O ₃	2,04	1,66	0,52	0,66	0,44	0,52	0,16	0,37		
MgO	8,77	12,27	6,12	6,33	4,51	1,35	0,23	0,30		
CaO	42,18	35,80	45,59	46,56	48,54	52,25	55,33	54,98		
SO ₃	0,42	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	-	-		
Perte au feu	43,62	42,15	42,13	43,80	42,33	43,17	43,76	43,56		
Pertes et non dosés	1,25	0,81	0,39	0,40	0,46	0,31	0,05	0,30		
MgO insol. ds HCl	-	0,46	0,63	-	0,61	-	-	-		
CO ₃ Mg	18,42	24,72	11,53	10,29	8,19	2,83	0,48	0,63		
CO ₃ Ca	75,86	63,93	81,41	83,14	86,68	92,30	98,80	98,17		

- TABLEAU II -

Analyses M. Féline - Laboratoire du Service
des Mines de Brazzaville, in V. Babet (1932).

Nature	Dolomie noire fétide C5 inférieur	Dolomie compacte C5 moyen	Dolomie C5 inférieur	Calcaire dolomitique C5 supérieur
Origine	(Mindouli)	(Mindouli)	(Loudima)	(N'Tima)
SiO ²	0,44	19,70	4,64	2,85
Al ² O ³	}	0,65	0,23	0,29
FeO, FeO ³				
en Fe ² O ³				
CaO	25,20	21,42	31,35	38,49
MgO	25,27	19,81	18,93	12,81
H ² O	48,90	38,60	44,84	45,60

- TABLEAU III -

Analyses J. VENDANGE et F. RUFF - Laboratoire de la
Direction des Mines et de la Géologie de Brazzaville (juin 1951)

Roches de surface de la Cuvette de Boko-Songo

Niveau Stratigraphique	SCIII sup.	SCIII sup.	SCIII sup.	SCIII sup.	b p l	a p l	b p l	SCIII sup.	SCIII sup.
Origine	Loudima Boko-Songo	Haute Loudima	Haute Loudima	Poste Boko Songo	Rivière N'Kota	Rivière N'Kota	Rivière N'Kota	Rivière Sorga	Rivière N'Kota
Nature	Calcaire bariolé	Oolites	Calcaire pyriteux	Dolomie café au lait	Grès arko- sique	Schiste argi- leux	Grès arko- sique	Dolomie foncée massive	Calcaire très cristallin
SiO ₂	7,60	34,60	18,10	8,70	66,90	41,10	72,50	3,28	16,1
Al ₂ O ₃	2,20	0,40	0,50	1,50	17,30	12,20	14,70	1,0	3,0
FeO+Fe ₂ O ₃ en Fe ₂ O ₃	1,80	0,90	0,90	1,30	3,90	4,0	2,80		
CaO	45,90	16,20	24,70	27,60	0,30	15,50	0,80	27,29	23,1
MgO	2,60	19,90	19,10	20,80	0,90	10,0	0,90	19,62	21,5
P ₂ O ₅	tr.	tr.	tr.	0,05	tr.	0,20	tr.		
MnO	0,13	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.		
K ₂ O+Na ₂ O en K ₂ O	0,60	0,80	0,80	1,20	2,60	2,30	4,70		0,95
OH ₂	0,25	0,60	0,40	0,40	2,20	1,80	0,70	0,07	35,9
Perte au feu	37,45	26,50	36,80	40,20	3,80	14,40	1,90	45,16 CO ₂ =42,08	

Méthode au versénate

Echantillons prélevés dans les travaux profonds à Boko-Songo

Puits principal de Boko-Songo						
SC III supérieur						
Provenance	W. 20,80	N. 35,80	N. 38,50	N. 42,30	N. 51	N. 57,10
N° analyse	I	2	3	4	31	6
Nature	Dolomie cryptocristalline	Brèche calcaire	Dolomie en plaquettes	Dolomie noire	Dolomie noire	Dolomie en plaquettes
CO ²	39,6	30,8	40,7	39,6	46,2	19,2
CaO	24,5	35,5	27,5	24,8	30,3	10,8
MgO	14,7	4,5	15,6	17,4	20,9	5,9
Insolubles	Argile	Quartz Pyrite	Argile	Quartz Argile	Quartz mat. org.	Quartz
Dolomite	67,5	19	72	80	96	22,5
Calcite	10,5	57	13,5	5,5	0	6,1
Divers	22,5	24	14,5	14,5	4	71,4

Provenance	Puits principal de Boko-Songo - SC III supérieur						
	S. 63,90	S. 63,60	S. 66,70	N. 71,60	E. 76	W. 78	E. 88,70
N° analyse	9	8	10	7	11	12	33
Nature	Calcaire bariolé	Calcaire sch. à filets noirs	Dolomie zonée	Dolomie rubannée	Oolites	Calcaire sch. oeuillé	Dolomie en plaquettes
CO ₂	26,4	24,2	39,6	42,9	45,1	19,8	46,2
CaO	32,3	30,5	28,3	28,8	30,5	22,9	29,9
MgO	0,9	2,2	16,9	16,2	21,9	0	20,2
Insolubles	Quartz	Quartz	Quartz Argile Pyrite	Quartz Argile	Argile?	Quartz Argile	Argile
Dolomite	4,1	5,6	78	74,5	100	0	94
Calcite	32,5	49,5	12,6	15,2	-	41	6
Divers	63,4	44,9	9,4	10,3	-	59	0

Provenance	Puits Boko-Songo SCIII sup.	Sondage S. 15 SC III supérieur				
		13	14	15	16	17
N° analyse		13	14	15	16	17
Nature	Dolomie tachetée		Calcaire cristallin	Dolomie crypto- cristalline	Calcaire bariolé	Calcaire argileux oeillé
CO ²	45,1	35,7	40,1	29,7	17	41,2
CaO	30,8	37,8	29	36,0	18,4	46,1
MgO	20,4	5,6	14,8	1,4	1,2	5,2
Insolubles	Quartz Argile	Fer, quartz Argile	Fer Argile	Fer Argile Quartz	Quartz Argile Pyrite	Argile Quartz
Dolomite	94	26	68	6,7	5,5	24
Calcite	-	55	25,5	61	30,5	71
Divers	-	19	16,5	32,3	64	5
						98
						-
						-

Provenance	S.15 SC III moyen	Petite-Mine SC III sup.	Sondage n° 34 SC III supérieur		Zone à anhydrite SC III inférieur	
			22,20 m	57,80 m	Sondage 42 142 m	Sondage 32 170 m
N° analyse	18	19	27	28	29	21
Nature	Stromatolite	Piscolites	Calcaire dolomitique noir	Microbrèche dolomitique	Dolomie noire	Microbrèche dolomitique
CO ²	46,7	43,4	36,3	16,5	40,2	40,7
CaO	31,7	28,3	24,6	10,0	22,1	28,3
MgO	19,1	22,2	17,1	7,2	20,6	20,2
Insolubles		Quartz	Quartz Argile Mat. organ.	Quartz Mat. organ.	Quartz	Argile gypse
Dolomite	88	100	79	33,5	95	93
Calcite	12	-	5,7	1,6	0	0
Divers	0	-	15,3	65	5	7

Provenance	Zone à gypse et à anhydrite - SC III inférieur					
	Sondage n° 60					
	S. 19-134 m	Aubeville	174,50 m	190,50 m	245 m	259,50 m 303,60 m
N° analyse	20	34	35	24	25	23 26
Nature	Dolomie	Dolomie cristalline	Calcaire dolomitique	Calcaire schisteux	Calcaire bariolé	Oolites de Kisanu Dolomie en plaquettes
CO ₂	39,0	46,2	31,9	26,4	30,8	42,3
CaO	21,4	29,7	21,3	17	34,6	26,3
MgO	20,9	20,4	14,6	11,5	3,4	20,1
Insolubles	Quartz Argile	Quartz	Quartz	Quartz Argile	Quartz Fer Argile	Argile Quartz Pyrite
Dolomite	96	94	67,5	53	15,5	92,5
Calcite	0	6	5,5	4,6	54,5	8
Divers	4	0	27	42,4	30	-

DEUXIEME PARTIE

LES MINERALISATIONS DU BASSIN DU NIARI

Depuis les deux ouvrages de V. BABET (1929 et 1932), fort peu de publications ont été faites sur les gisements minéraux du Niari (J. NICOLAÏ, 1955). Les travaux poursuivis depuis cette époque ont pourtant amené beaucoup de résultats nouveaux, qui se trouvent pour la plupart relatés dans des rapports inédits. C'est pourquoi il semble utile ici de rassembler d'abord les principales données acquises en une série de "fiches" d'indice ou de gisement ; j'y consignerai les observations effectuées selon le plan constant suivant :

- localisation géographique,
- localisation géologique : roches encaissantes, structures,
- minéralogie.

Ces fiches seront classées géographiquement, à peu près d'Ouest en Est.

Ultérieurement, nous aborderons l'étude plus détaillée de gîtes sur lesquels j'ai eu l'occasion de travailler en détail.

De ces faits accumulés, nous chercherons alors à dégager les traits généraux importants, avant d'examiner comment on peut les interpréter dans le cadre des théories métallogéniques actuelles.

LES FAITS D'OBSERVATION

Méthodes d'étude.

Outre les méthodes que j'ai rappelées au début du chapitre II (première partie), des techniques spéciales ont été utilisées pour l'étude des minéralisations.

C'est tout d'abord la fabrication et l'étude des sections polies (SCHNEIDERHÖHN et RAMDOHR, 1931 ; UYTENBOGAARDT, 1951) ; la plupart ont été taillées Boko-Songo, puis améliorées au Laboratoire de Minéralogie du C.E.A. L'étude est faite successivement à l'oeil nu, à la binoculaire, puis au microscope à réflexion ; pour chaque phase les déterminations optiques sont accompagnées de tests chimiques, effectués selon les méthodes de M.N. SHORT (1940).

Certaines déterminations minéralogiques ont été faites sous la loupe binoculaire, sur des échantillons bruts. J'ai aussi utilisé, sans en publier les données exactes, des résultats d'analyses de Laboratoires de Compagnies privées (en particulier de la C.M.C.F.) ou du C.E.A.

Enfin, les techniques propres à l'étude des matériaux radioactifs comprennent des mesures de teneur au dosimètre β - γ (dit "échelle de 100 ou de 1 000") par application de la méthode de THOMMERET (1948) ; des analyses fluorimétriques pour U, réalisées au laboratoire du C.E.A., et des études de la radioactivité par l'émulsion photographique (plaques Ilford) (R. COPPENS, 1949, R. COPPENS et G. VERNONIS 1952).

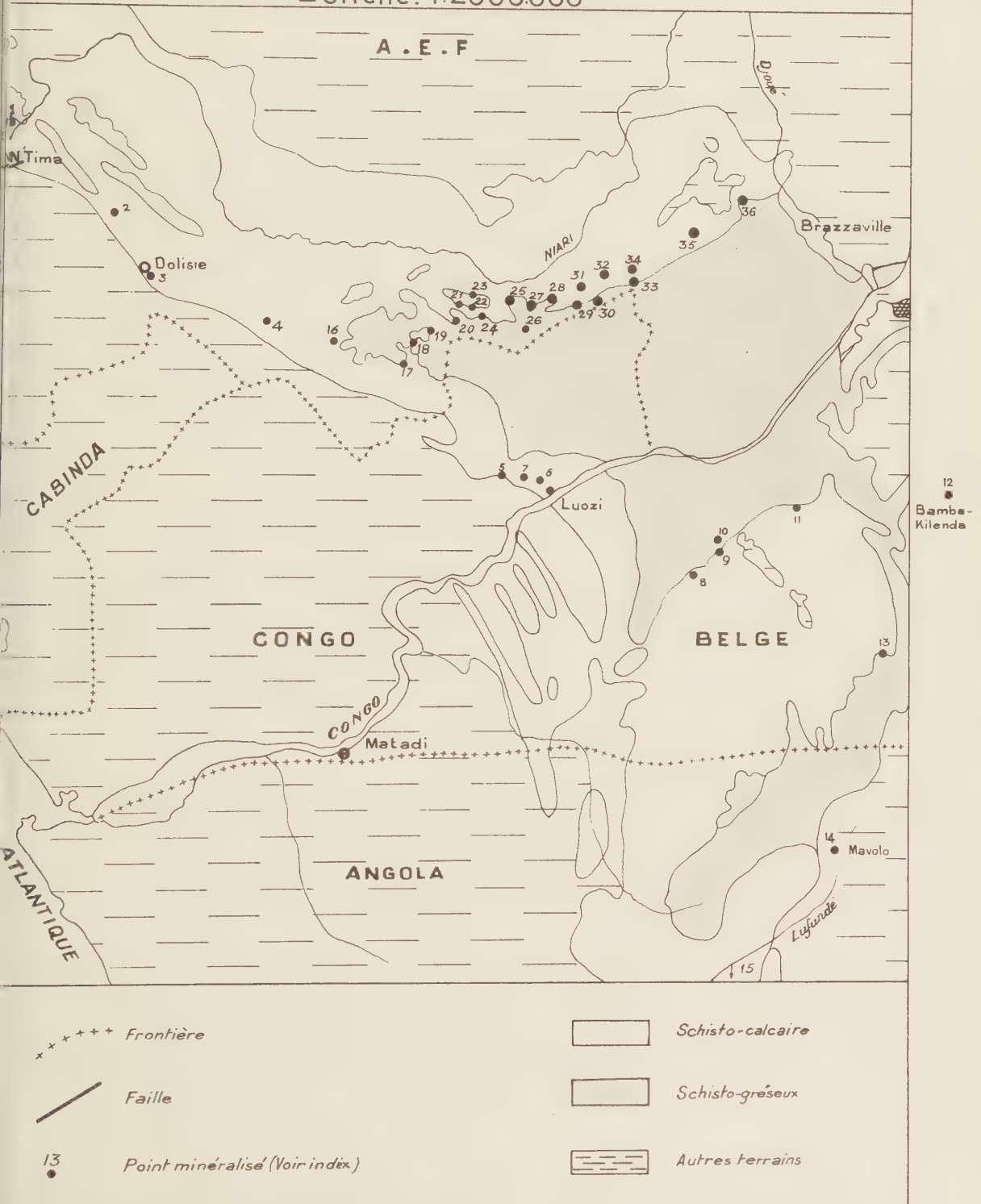
A - INDICES MINERALISES CONNUS AU NIARI, AU BAS-CONGO BELGE ET DANS LE NORD DE L'ANGOLA - (voir page 125, fig.28).

L'"inventaire" que nous allons établir ne sera pas tout à fait complet. Il comprendra les indices dont j'ai connaissance au 31 août 1954, et dont la divulgation est possible. Pour chacun d'eux les renseignements fournis seront limités à la fois par les nécessités de l'économie minière et par la portée restreinte de mes informations. Ce seront les minéralisations de la région de Boko-Songo qui feront ici l'objet de la description la plus poussée.

Pour les indices déjà décrits par V. BABET (1929 et 1932), je me contenterai de rappeler l'essentiel, en ajoutant ce qui est nouveau.

INDICES MINÉRALISÉS AU BAS-CONGO

Echelle: 1:2000000



- Fig. 28 -

J'espère que le "fichier" ainsi constitué, tout fragmentaire et incomplet qu'il soit, pourra être de quelque utilité, d'une part en fournissant des faits, de l'autre en situant chaque point par rapport à son cadre métallogénique. Enfin, il sera dans ce travail indispensable pour accéder tant soit peu au plan théorique.

INDEX DES POINTS MINERALISES DE LA CARTE (fig. 28)

1 - Kikenditsi	13 - M'Fidi	25 - Yanga-Koubanza
2 - Louvakou	14 - Mavôfo	26 - Moukassou
3 - Dolisie	15 - Bembe	27 - Pimbi
4 - M'Boukou-Moukongo	16 - Bingui-Boula	28 - Fougoula Fioti
5 - Lualu	17 - Abikoula	29 - M'Passa
6 - N'Kuva	18 - Boko-Songo	30 - Diangala-Mimbodi
7 - Lukasu	19 - Djenguilé	31 - Tchicoumba
8 - Luvituku	20 - Gounza	32 - Moubiri
9 - Toni	21 - Kiodi	33 - Mindouli
10 - Muka	22 - Hapilo	34 - M'Pieme
11 - Kussu	23 - Sangola	35 - Bouaboumpo
12 - Bamba - Kilenda	24 - M'Fouati	36 - Renéville.

1°) Zone de la boucle du Niari.

Elle comprend toute la partie du bassin du Niari, située au Nord de Dolisie et à l'Est du Mayombe.

Dès 1929, V. BABET signalait que les indigènes de la région de N'Tima parlaient avec insistance d'indices de cuivre. En 1932, il y trouvait des fragments de malachite et de chrysocolle. Récemment, P. NICOLINI, reprenant les prospections en même temps que les travaux de cartographie systématique, a retrouvé un certain nombre de ces indices. J'ai eu l'occasion d'en visiter quelques-uns. Il s'agit le plus souvent de blocs ferrugineux et siliceux, contenant des traces de cuivre et de plomb, quelquefois exprimées en malachite ou en cérusite. Certains présentent en outre une notable radioactivité.

On les trouve constamment le long du contact Schisto-calcaire - Schisto-gréseux, répartis depuis le Nord immédiat de Dolisie jusqu'aux limites du Bassin du Niari. Les prospections ne font que débiter dans cette région (Bumifom).

Il n'est pas possible actuellement d'en donner une liste détaillée. Retenons simplement que ceux que j'ai pu visiter m'ont toujours paru liés à un accident combien (E.N.E.) ou subméridien. L'extension géographique de ces indices est remarquable.

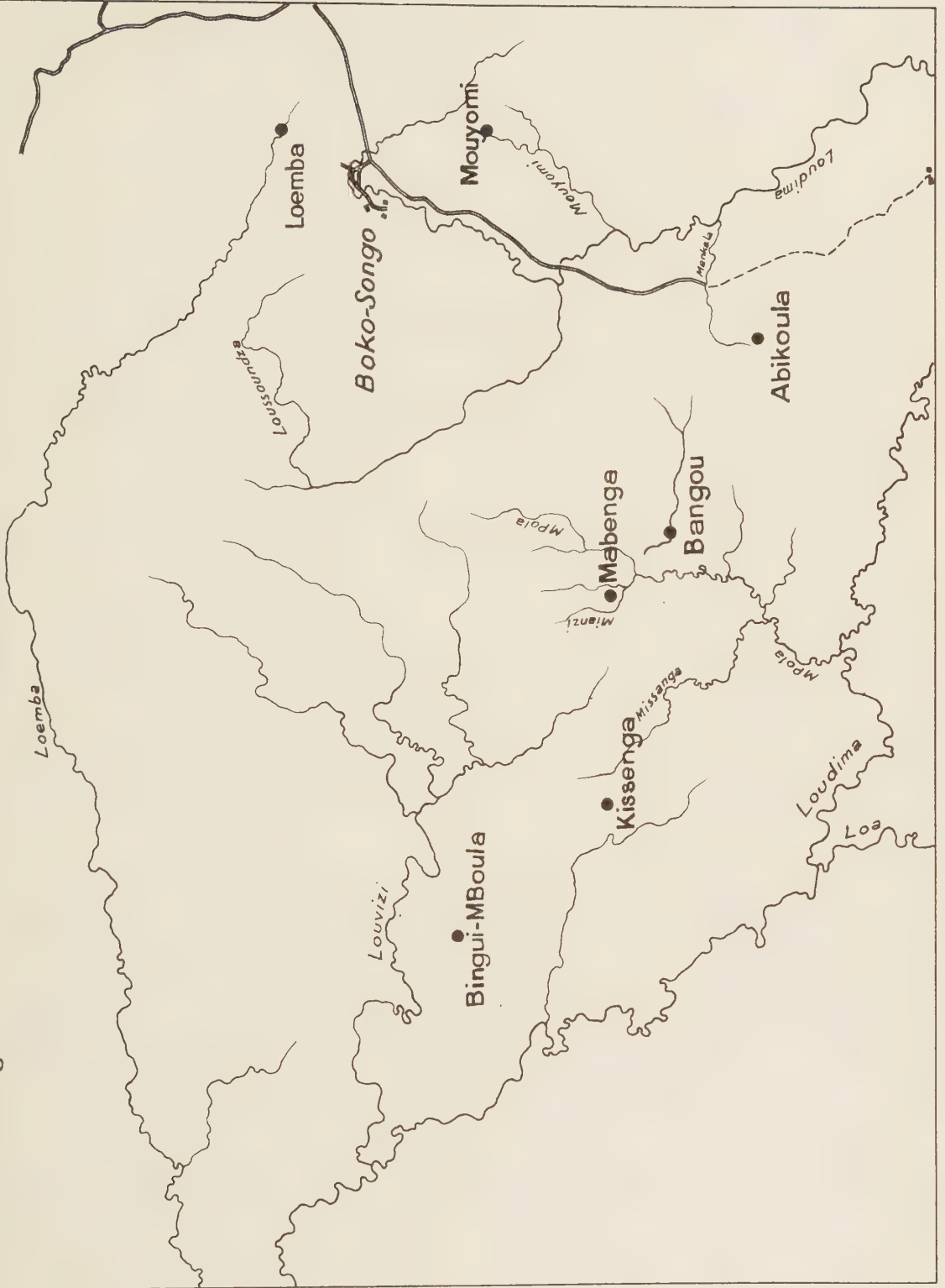
Je mentionnerai en outre ici un filon de quartz hyalin encaissé dans les calcaires schisteux du SC I tout près de Dolisie (ancien camp C.E.A.) et découvert autrefois par M. ROMANO ; le C.E.A. et le Bumifom y ont effectué quelques fouilles. Ce filon est faiblement minéralisé en chalcoppyrite. Plus au Sud, près de Kimongo (village M'Boukou-Moukongo), existent aussi dans le SC Ib plusieurs filons de quartz laiteux, dont l'un aurait livré une minéralisation en galène.

2°) Zone du Moyen-Niari.

Elle comprend toute la partie du bassin située sur la rive gauche du fleuve jusqu'à la hauteur de Dolisie ; il faut lui ajouter les indices du bassin du Djoué. Au Sud, la frontière avec le Congo belge en forme exactement la limite (ligne de crête Congo-Niari).

Echelle 1:200000

● Kitounga



- Fig. 29 -

Nous diviserons cette région en unités morphologiques, auxquelles ont pratiquement correspondu dans le passé les secteurs de prospection. On distinguera donc d'Ouest en Est (voir carte au 1/500 000 du Service géologique de l'AEF, hors-texte) :

- le massif de Kissenga et les plaines de la Loudima et de la Louila,
- la cuvette de Boko-Songo,
- les bassins de la N'Kenké et de la Mounié,
- le bassin de la Loutété
- le bassin de la Louvisie occidentale,
- le bassin de la Louvisie orientale,
- le bassin de la Loukouni,
- le bassin du Djoué.

a) Le massif de Kissenga et les plaines qui l'entourent. (voir page 127, fig. 29) (V. BABET, 1929 et Rapports C.E.A. de prospection).

KITOUNGA.

J'ai revu en 1953 cet indice signalé par BABET après d'autres. Il s'agit de blocs siliceux un peu ferrugineux, à imprégnation de malachite, disséminés sur une pente où affleurent des dolomies du SC III supérieur.

BINGUI-BOULA.

Très minces placages de malachite dans des schistes calcareux décolorés, situés au voisinage du contact Schisto-gréseux - Schisto-calcaire.

KISSENGA (rivière Kimbakou)

Minces placages de malachite dans des fissures des dolomies du SC III, juste sous le contact. En liaison évidente avec un accident combien majeur, qui pourrait prolonger celui de Boko-Songo.

MABENGHA.

Enduits de malachite dans les schistes argileux du pI^a formant une falaise en cirque. Blocs de chapeau de fer sur les mamelons dolomitiques avoisinants.

BANGOU.

Dans la rivière du même nom, en amont du village de Boua-Boua, une petite cascade ruisselle sur un banc de grès arkosiques du pI^b minéralisés en pyrite et en chalcocite, avec un peu de malachite. Des cassures verticales de direction E.N.E. (combienne) découpent l'affleurement. Plus bas dans la rivière, les dolomies du SC III supérieur montrent quelques placages de malachite.

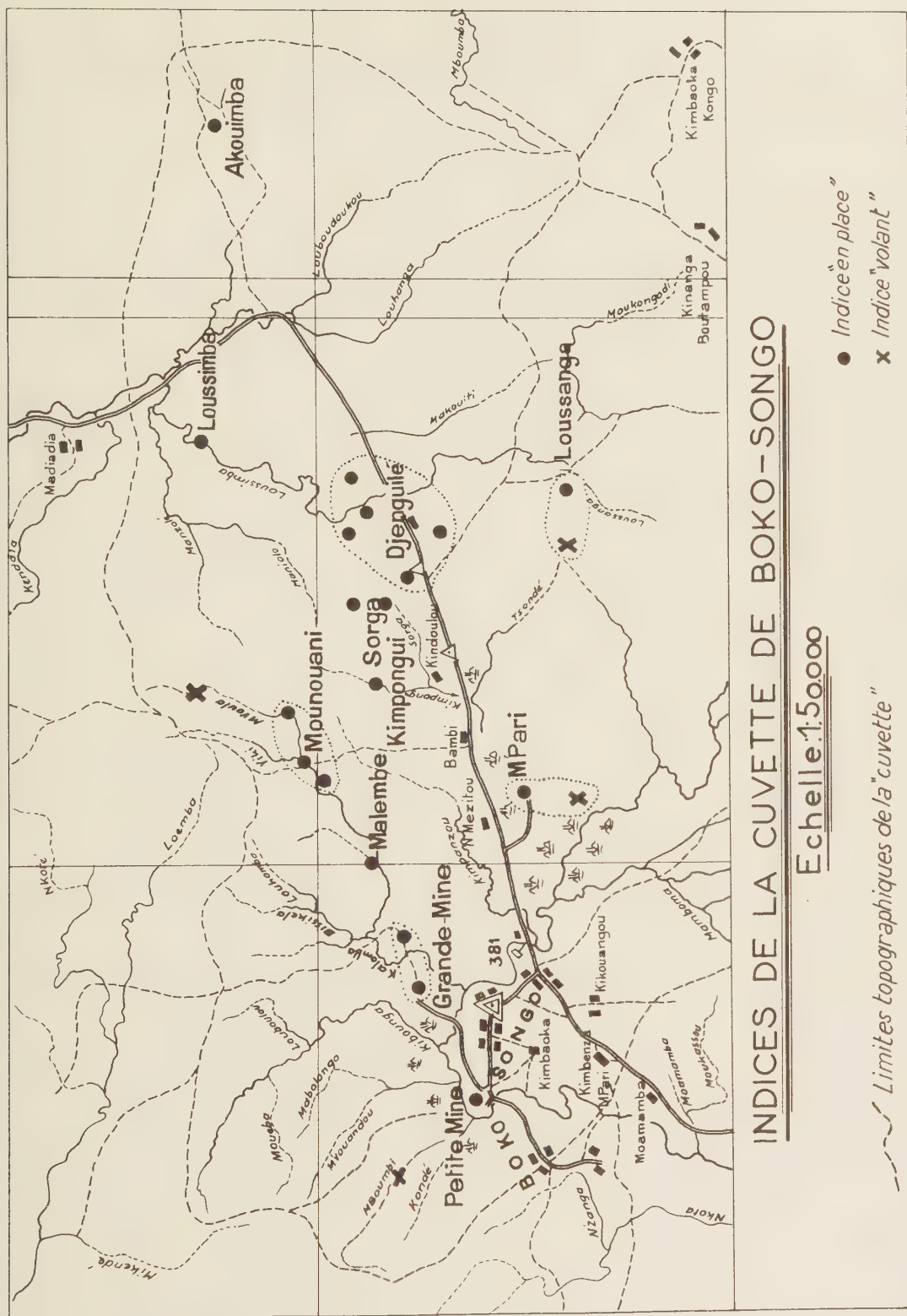
En section polie (éch. T.90), on voit des plages déchiquetées de chalcocite dans les interstices entre les grains de quartz. Une silicification ultérieure est rendue probable par la présence de cristaux bipyramidés de quartz dans la chalcocite. La limonitisation est générale. Une mince fracture traverse la préparation, et la chalcocite est plus abondante à son voisinage.

ABIKOULA.

Déjà signalé par BABET, légers placages de malachite dans les schistes argileux de la base du Schisto-gréseux complètement décolorés, de part et d'autre d'un vallon assez large au Sud du village de Mankala.

MOUYOMI.

Malachite dans des joints de dolomies du SC III supérieur, juste au contact, dans la rivière Mouyomi, affluent rive gauche de la Loudima, un peu au Sud de Boko-Songo. Des poches de dissolution dans la dolomie sont remplies d'une terre noire, un peu cuprifère. Liaison certaine avec un accident combien, accompagné de faibles plis mayombiens.



- Fig. 30 -

LOEMBA.

Chapeau de fer dans le lit de la Haute-Loemba, immédiatement au Nord de Boko-Songo, avec résidus microscopiques de galène ; la rivière suit à cet endroit un accident combien à rejet horizontal (inflexion vers l'Est des axes anticlinaux mayombiens du compartiment Nord).

b) Les indices de la cuvette de Boko-Songo (voir page 129, fig. 30)

Celle-ci correspond à la dépression occupée par les hauts bassins de la Loudima et de la Bodi, partout limités par des massifs gréseux. Le C.E.A. et le Syndicat de Boko-Songo (C.M.C.F. - S.M.M.P.) y ont poursuivi des recherches de grand détail, si bien qu'on peut penser que l'inventaire des indices de surface y est à peu près complet.

PETITE-MINE.

C'est l'indice le plus proche du poste de Boko-Songo. Nous avons vu les traits structuraux particuliers des affleurements qu'on y observe (p. 84 et 85, première partie, chap. III).

Ces derniers sont enrobés de terres rouges ou violettes, où on peut trouver des minéraux oxydés de cuivre, plomb et zinc abondants. Les fouilles indigènes anciennes les ont tellement remaniés qu'il n'est plus guère possible d'en voir la structure. Les minéraux trouvés comprennent :

- de la pyrite ou de la marcassite,
- diverses limonites (nous adopterons ce terme pour les oxydes de fer plus ou moins hydratés),
- des associations massives et très dures, pratiquement vitreuses, d'hématite et de silice,
- la malachite en petits agrégats fibro-radiés, avec un peu d'azurite,
- la cérusite, en petits cristaux, souvent bien formés,
- la calamine, en enduits divers,
- la vanadinite en petits cristaux rougeâtres,
- un peu de pyromorphite,
- des terres brun-noirâtres zincifères en poches entre les bancs,
- de très rares et très petits fragments uranifères noirs et jaunes, pouvant être rapportés à la pechblende et des produits oxydés : kasolite (éch. T.62-63-64).

Certaines terres de couleur violette présentent une assez forte radio-activité que nous retrouverons à Djenguilé ; le problème qu'elles soulèvent sera abordé plus loin (page 184 et 199).

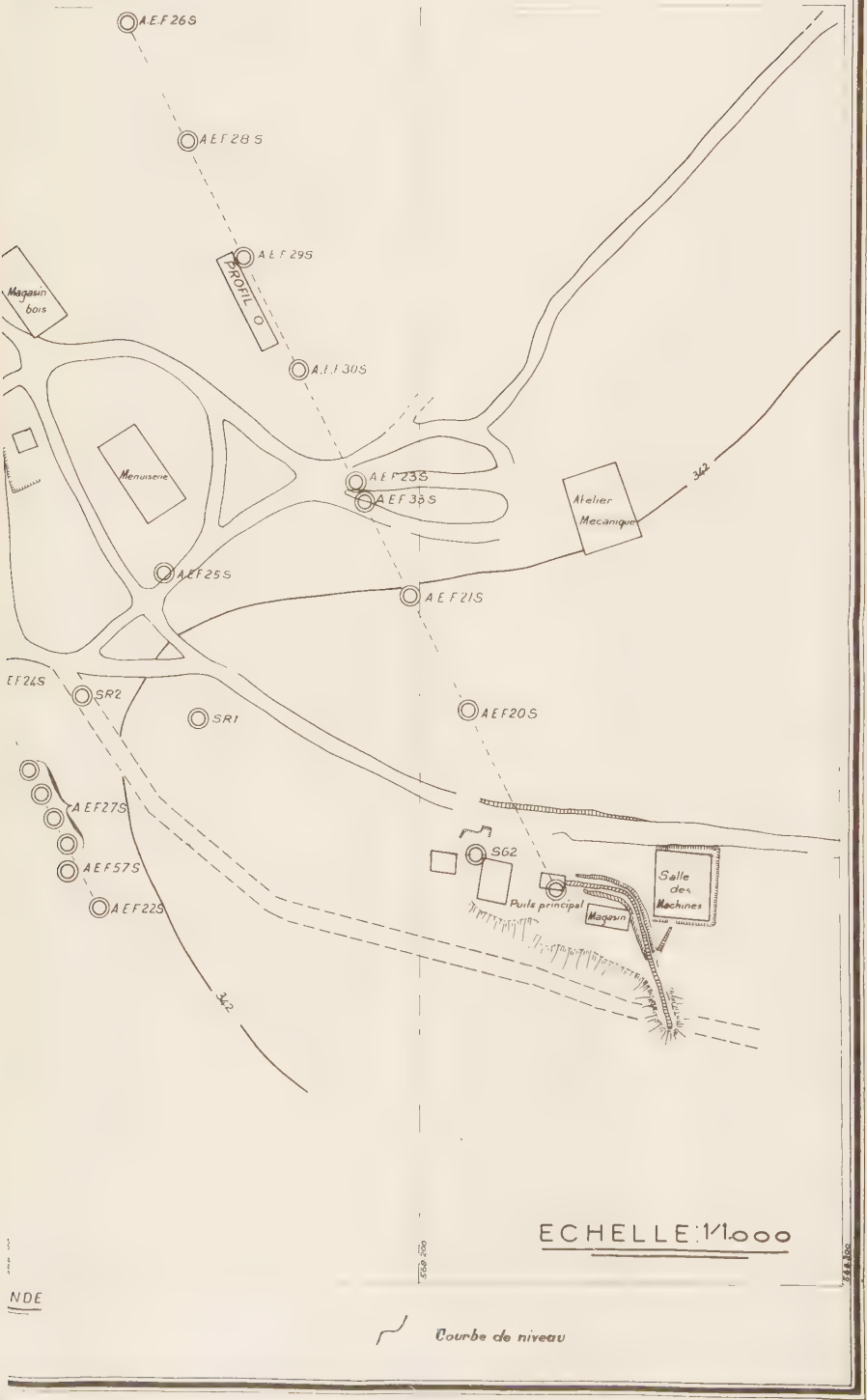
Les bancs de dolomie eux-mêmes étaient très fracturés. Remplissant les fractures, on pouvait voir de la galène grossièrement cristallisée sur près de deux mètres de hauteur, dans l'anticlinal I de la coupe de la page 83 et des rem-plissages de quartz ferrugineux avec aurichalcite en houppes dans l'anticlinal II. En enduit sur les bancs de l'anticlinal I enfin, on peut voir encore de minces placages de carnotite. Les travaux effectués ont essentiellement compris un travers-banc G1 - G2 (voir ci-contre, fig. 31) et une tranchée profonde (point 52) en surface ; un ensemble important de sondages a permis une très bonne reconnaissance de la zone profonde.

Parmi les renseignements importants apportés par ces travaux, nous mentionnerons ici :

- la non-continuation en profondeur des minéralisations rencontrées en surface ;
- quand on la trouve, la minéralisation est toujours liée à des fractures ;
- les phénomènes d'oxydation sont aussi intenses au niveau le plus bas (200 m) qu'en surface ;
- les circulations d'eau sont importantes.



PETITE-MINE DE
ONGO



Il s'agit de remplissage de fractures d'origine tectonique, formées après solidation de la roche. Les preuves en sont : - la correspondance géométrique des épontes des filonnets - les structures de crustification, avec les géodes au centre des filonnets - les fragments détachés de l'éponte dans le remplissage - l'absence générale des critères de remplacement. Il semble n'y avoir en qu'une seule phase de remplissage pour une même famille de diaclases. On peut aussi observer en effet que certaines petites failles ont joué après la formation d'une faille donnée de fractures, qu'elles déforment. Elles sont aussi remplies de silice.

Sur les rives de la rivière Songo, là où elle ne décape pas le recouvrement, on trouve des blocs de chapeau de fer avec diverses minéralisations secondaires, surtout cuprifères.

Il y a de belles géodes de quartz améthyste ; souvent le quartz est teinté vert (éch. T.27) par une infinité de très petites inclusions (diam. de 1/50 à 2 mm) vertes d'un silicate (ou carbonate) de cuivre.

Ailleurs le quartz hyalin ou laiteux contient des inclusions de chalcocite (éch. T.28) orthorhombique, se transformant plus ou moins en covellite. Les cristaux de quartz sont presque tous couverts d'une mince couche d'oxyde de fer, qui leur donne une teinte en rouge ; la malachite se développe dans les fissures.

Des échantillons de limonite recèlent des noyaux résiduels de cérusite, glérsite, avec pyrite associée au quartz (T.29).

D'autres enfin (T.30) contiennent les restes complètement oxydés de sulfures de cuivre (chalcoppyrite, chalcocite et covellite) dont on rencontre en section polie quelques résidus, avec la pyrite et des oxydes de fer. Le quartz présente la limonite, l'azurite et la malachite. L'azurite semble donner des bords à contours anguleux, tandis que la malachite est disséminée dans le quartz et les noie. Un bloc entièrement ferrugineux présente une radioactivité anormale.

Ces derniers caractères se retrouvent avec plus de netteté dans les échantillons d'une petite lentille de minerai sulfuré peu oxydé trouvé dans le lit même de la rivière, interstratifiée entre deux bancs, et conservée dans une enveloppe argileuse (éch. T.13 - 14 - 15).

Le minerai primaire est représenté par de la chalcoppyrite dans une gangue argileuse. Elle est remplacée par la bornite mauve, la néodigénite et la covellite et le tout est oxydé en malachite, azurite et limonite. Tous les sulfures sont en relation avec le quartz, et n'existent pas dans les zones dolomitiques. Les préparations qui forment des plages à contours nets. Dans la section T.15, la chalcocite a, en lumière naturelle, une teinte rosée très nette ; mais les autres caractères (polarisation, attaque) montrent qu'il s'agit toujours d'une variété orthorhombique formée à basse température, et non de la "chalcocite rose" de HNEIDERHÖHN et RAHMDOR (1931). Là encore, le minerai siliceux semble bien remplir les vides existant dans la dolomie encaissante. En plaque mince, on perçoit aux stades dans la formation du quartz : de grands cristaux, souvent automorphes accompagnent les sulfures tandis que de très menus cristaux à extinction onduleuse remplissent les vides créés par l'altération du minerai, et accompagnent les produits oxydés (photo n° 67, pl. XIV).

USSANGA.

Ce sont des blocs de quartz assez peu ferrugineux, contenant des sulfures de cuivre plus ou moins oxydés. Là aussi, les fouilles n'ont pu mettre à jour un racinement dans les dolomies du SC III non altérées.

En section polie (éch. T.18 et T.19), de la pyrite se présente en très nombreuses inclusions irrégulières dans un chert ; elle est probablement d'origine sédimentaire. La chalcocite orthorhombique est associée à de la covellite ; elle s'alterne en malachite. Elle est associée à un quartz hyalin souvent automorphe, différent à la fois de celui du chert et de celui de la silicification secondaire. La structure grossièrement lamellaire (T.18) que fait ressortir l'attaque au

cyanure, pourrait faire penser à une chalcocite hypogène. L'examen approfondi montre qu'il n'en est rien ; il s'agit plutôt d'une pseudomorphose de galène.

DJENGUILÉ.

Cet ensemble sera étudié en détail plus loin (page 176).

LOUSSIMBA.

Assez important amas de blocs de chapeaux de fer sur la rive droite de la rivière Loussimba, à quelques 1 500 m en aval de Djenguilé. Aucune recherche n'a été effectuée sur ce point.

AKOUMBA.

Autre amas de blocs ferrugineux et siliceux, avec traces de malachite sur la piste pédestre de Boko-Songo à M'Fouati, 100 m à l'Ouest de son intersection la plus orientale avec la Bodi. Quelques tranchées n'ont apporté aucun résultat. L'indice se trouve dans la partie supérieure du SC III.

c) Indices des bassins de la N'Kenké et de la Mounié (voir page 135, fig.32).

Trois points minéralisés sont connus d'amont en aval dans la rivière N'Kenké. Ce sont :

HAUTE N'KENKE et N'KENKE.

Blocs de chapeau de fer au contact grès-calcaire ; quelques fouilles n'ont donné aucun résultat.

POKODI. (Anciennement Ganda-Londa).

Visité et décrit par de nombreux géologues. On trouve dans la rivière des blocs importants de grès arkosiques gris minéralisés en chalcocite, avec rares enduits de malachite. Ces blocs proviennent évidemment des couches gréseuses où la rivière prend sa source. Mais on n'a pu jusqu'ici en localiser d'origine exacte.

Ce point présente un intérêt historique, car c'est après l'avoir trouvé et décrit que D. LEVAT (1907) attribua la formation des gîtes du Niari à une concentration dans les couches calcaires des métaux lessivés dans les couches gréseuses.

La vallée de la Mounié recèle de nombreuses minéralisations - Rive gauche, et d'Ouest en Est, on trouve :

SONGO.

Dans les dolomies du SC III supérieur, on trouve sur la colline de ce nom, une minéralisation assez abondante en chalcocite et ses produits oxydés. Il s'agit, d'après les déblais qu'on trouve à la sortie d'anciens travaux C.M.C.F. éboulés, de remplissage de minces fractures, comparables à ceux de M'Passa.

MOUHILOUKA.

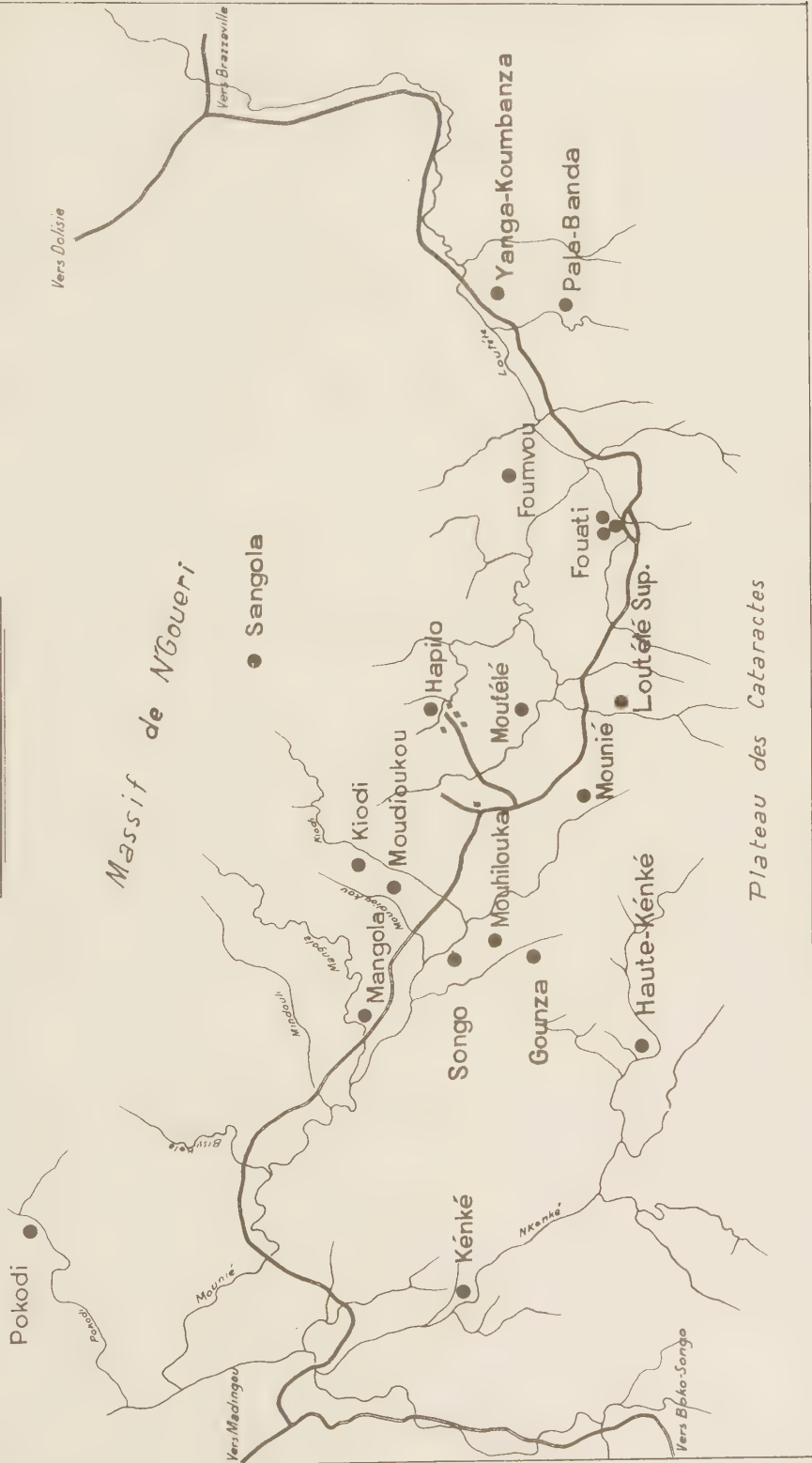
A quelques centaines de mètres au Sud de l'indice précédent, le cours de la rivière Mouhilouka est encombré de blocs de chapeaux de fer radioactifs, dont l'origine semble se trouver sur la crête méridionale qui domine la source de la rivière.

GOUNZA.

Cet indice est le plus important sur cette rive de la Mounié. Il est situé près de la source d'un de ses affluents, dans les grès feldspathiques du p₁ b. Quelques sondages y ont été effectués, sans donner de résultats nets.

INDICES DES BASSINS DE LA NKENKE ET DE LA LOUTETE

Echelle: 1:100.000



La minéralisation comprend : galène, chalcocite et pyrite, avec un peu de malachite.

En section polie (éch. T.89) la chalcocite est blanche orthorhombique. Elle montre un début d'altération en covellite, dont de fines aiguilles pénètrent dans les plages. La plaque mince montre des produits verts, dont du chrysocolle. Une certaine recristallisation a eu lieu, ou bien une silicification postérieure à la chalcocite, car celle-ci apparaît quelquefois en inclusions dans le quartz au lieu d'en remplir comme d'habitude les interstices entre cristaux.

En rapprochant les minéralisations en cuivre de Songo et de Gounza de la radioactivité des blocs de chapeau de fer de Mouhoulouka, il me semble que la zone de ces indices mérite des recherches plus poussées et plus détaillées que celles qui y ont été faites.

MOUNIE.

Tout près des sources de la Mounié, on trouve encore des blocs de chapeau de fer au voisinage du contact Schisto-gréseux - Schisto-calcaire, avec trace de malachite.

Sur la rive droite de la Mounié, et d'Ouest en Est se trouvent :

INDICES de la MANGOLA et de la MOUDIYOUKOU.

Ce sont des points à malachite, signalés par les anciens prospecteurs de la C.M.C.F.

KIODI.

Dans la rivière du même nom, les grès feldspathiques du pl b sont imprégnés de minéraux cuprifères, le long d'un accident subméridien, qui suit approximativement le cours d'eau. Plusieurs sondages ont été forés dans ces grès, où ils ont rencontré la minéralisation. Celle-ci est essentiellement cuprifère.

L'échantillon T.84 montre de la chalcocite en veinules et en mouches dans le grès. En plaque mince, on voit que les sulfures peuvent aussi bien remplir des interstices entre les grains qu'occuper des fissures qui les recoupent nettement. Ils peuvent aussi remplir des filonnets aux bords déchiquetés non correspondants. En un point, ils se trouvent entre les feuillets d'un cristal de muscovite tordu. On les observe enfin en grains, plus ou moins automorphes, tantôt inclus dans des cristaux de quartz, tantôt à cheval sur des limites de cristaux (voir photo n° 61 et 69, pl. XIV).

La section polie permet d'affirmer que dans les filonnets la chalcocite est blanche orthorhombique et anisotrope. Elle contient des résidus de pyrite, plus ou moins anisotrope et de bornite mauve, qu'elle ronge avec un liseré intermédiaire de néodigénite⁽¹⁾.

HAPILO.

Ce gisement affleure dans la haute vallée de la rivière Galonga, à l'extrémité septentrionale du massif de N'Gouédi. C'est un des points les mieux étudiés du Niari, aussi bien par la C.M.C.F. que par les Sociétés EMAC et SOMINIA. La mise en exploitation vient d'en être décidée.

Une étude récente et fort complète se trouve dans un rapport inédit de A.T. GRIFFIS, daté du 31 juillet 1952 (EMAC - SOMINIA).

Le minerai est encaissé dans les dolomies massives du SC III supérieur et lié étroitement à des failles subméridiennes à très fort pendage Ouest. Il comprend des sulfures et des minerais oxydés, principalement de plomb et de zinc.

(1) Solution solide de covellite dans la chalcocite.

Le cuivre semble être en quantité tout à fait minime. Plomb et zinc sont en général dans le rapport 1 à 3 dans les sulfures et accompagnés de beaucoup de pyrite.

Les failles sont essentiellement des failles de décrochement à rejet surtout horizontal, avec plissement dans un compartiment, ne se poursuivant pas dans l'autre. Elles semblent converger au Nord. Je ne ferai pas ici de description détaillée de ce gisement qui mérite une étude poussée ; il constitue en effet un exemple de minéralisation essentiellement plombo-zincifère dans le SC III supérieur, et son examen doit compléter utilement celui de M'Passa, surtout cuprifère, dans le même étage.

Le développement d'un gisement dans les grès, tel que Mimbodi, permettrait alors, avec M'Passa et Hapilo, d'envisager de façon plus complète et plus serrée la métallogénie du Niari. Il faut souhaiter que cela soit possible bientôt.

Pour Hapilo, outre les données générales citées plus haut, quelques points de détail méritent d'être mentionnés. En certains points du minerai sulfuré massif, on peut observer un litage qui semble bien être un témoin de l'ancienne stratification des roches remplacées (galerie D₂ entre les recoupes D₁₂ et D₁₄).

Quelques préparations (lames minces et sections polies n° T.100 à T.122) ont été exécutées dans un échantillonnage systématique du minerai, en allant du stérile à la faille (recoupe D₂.D_{III}) - On peut y constater les faits suivants :

Les premiers minéraux déposés semblent bien être la pyrite, souvent anisotrope, et le mispickel (photo n°70, pl. XV), en cristaux automorphes ou en plaques déchiquetées. Dans l'échantillon T. 118, la pyrite semble remplacer le mispickel. Ce dernier est en inclusion dans la blende, quelquefois dans la galène. La pyrite est préférentiellement remplacée par la galène. Elle peut parfois affecter une structure en "atoll" dans le quartz (éch. T.112), comme à la Grande-Mine de Boko-Songo. La détermination du mispickel a été confirmée par une recherche qualitative Ni-Co ; ces métaux n'existent pas dans l'échantillon et le minerai observé ne peut en être un arsénifère.

Blende et galène ont pris place après pyrite et mispickel ; la galène semble très souvent déposée avant la blende, ce qui n'a rien d'extraordinaire (R. GARRELS, 1941). La blende contient souvent de minuscules inclusions de chalcopryite et de covellite, et la galène de cuivre gris.

La plupart des plaques minces montrent des filonnets remplis de sulfures, avec remplacement de la dolomie encaissante et recristallisation de celle-ci au sein des sulfures en beaux rhomboèdres.

SANGOLA.
Il faut lier cet indice au gisement de Hapilo. Il est en effet situé sur la même structure faillée subméridienne, dont le rejet apparent, dans la rivière Sangola sur le bord septentrional du plateau de N'Gouédi, atteindrait 120 m.

En surface, on trouve des minéraux verts cuprifères dans les dolomies, juste sous le contact grès-calcaires, et plusieurs chapeaux de fer. Des sondages ont recoupé la faille avec quelques minéralisations en cuivre, plomb, zinc, dans les dolomies massives et aussi les grès arkosiques à son voisinage.

Cet indice montre que l'évaluation des réserves métalliques des environs d'Hapilo n'est pas achevée, surtout si on tient compte d'autres indices voisins moins importants, comme par exemple :

MOUTELE, immédiatement à l'Est d'Hapilo, où on trouve dans des dolomies silicifiées des veinules de chalcocite avec azurite, malachite, calamine, cérusite et plombojarosite.

d) Indices de la vallée de la Loutété (voir page 135, fig. 32)

LOUTETE supérieure.

Cet indice, dans le cours supérieur de la rivière, est constitué par des minéraux oxydés de cuivre et de la galène dans des grès-quartzites du p_{1a} ou du p_{1b}, au passage d'une faille combienne, très probablement prolongement des structures de M'Fouati.

M'FOUATI.

L'étude de ce gisement, seul productif au Niari depuis 1937 à raison d'environ 6 000 t de concentrés à 50 pour cent de Pb par an, sort du cadre de cette étude.

Rappelons qu'il s'agit d'amas de minéraux oxydés de plomb et de zinc, avec cuivre tout à fait subordonné, dans le fond de plis serrés, dans le SC III supérieur et moyen. Ces plis sont associés à des failles de direction surtout combienne ENE.

L'ensemble constitue une colline qui se dresse au milieu de la vallée de la Loutété.

Quelques sondages effectués en profondeur n'ont pas rencontré d'enracinement de la minéralisation. Je serais assez incliné à penser que les concentrations métallifères de M'Fouati sont le produit de l'oxydation d'un gisement sulfuré Pb-Zn lenticulaire, assez analogue quant à sa forme, à celui de la Grande-Mine (cf. plus loin, p.151). Les failles combiennes principales doivent avoir un rejet surtout horizontal, et, comme à Boko-Songo, il serait utile de reconnaître par sondages leur prolongement en direction, quand elles affectent des dolomies massives ou des grès arkosiques.

Par ailleurs, le moment semble venu de rassembler les données acquises lors de l'exploitation de la Mine de M'Fouati, pour les faire servir à la compréhension de la métallogénie du Niari.

FOUNVOU.

Fragments de malachite et de limonite dans les dolomies du SC III supérieur.

YANGA-KOUBANZA et PALABANDA.

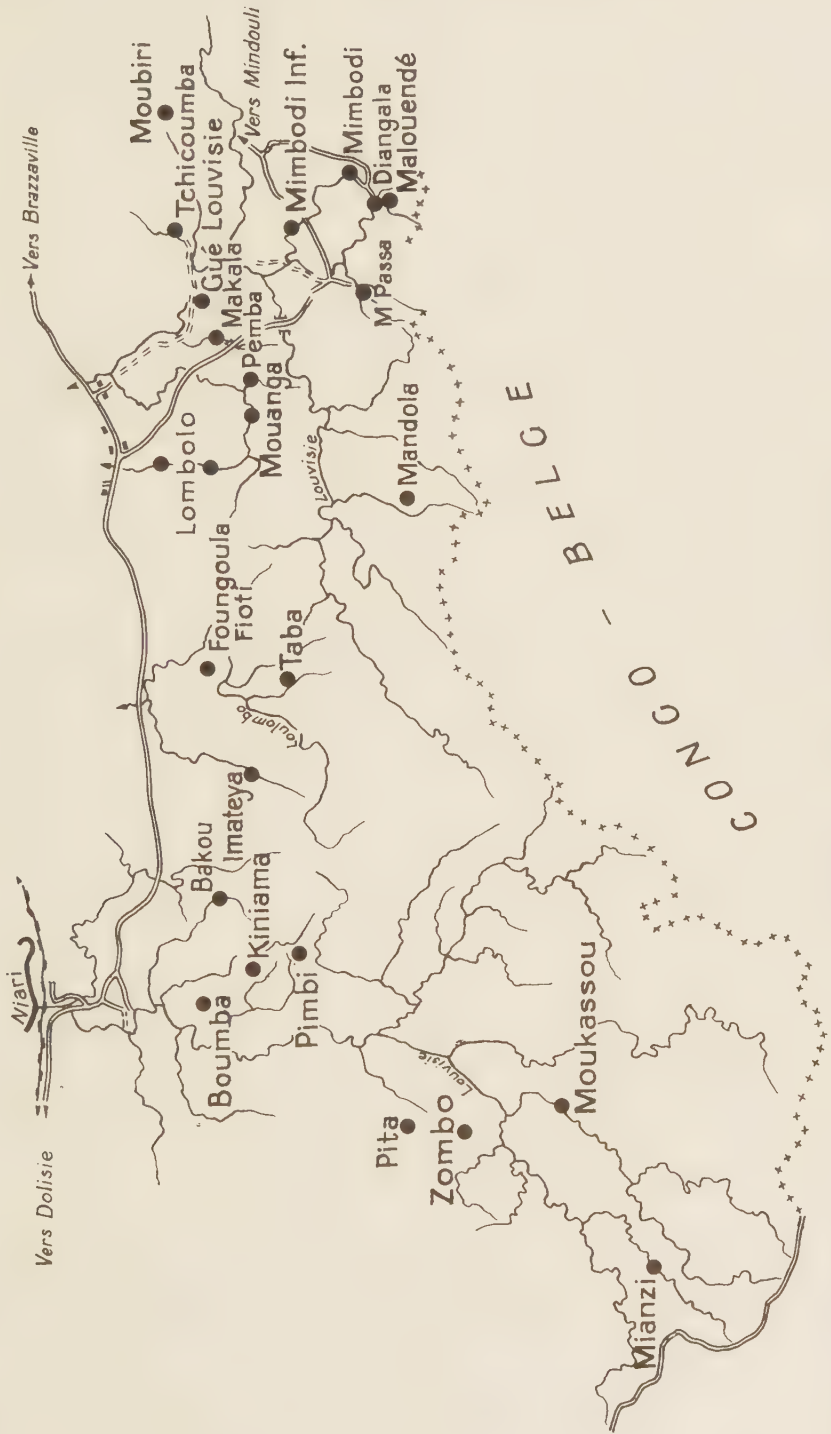
Ce sont de grands amas ferrugineux situés à la hauteur du contact SC II - SC III sur la rive droite de la Loutété, et vraisemblablement liés à des structures ENE prolongeant celles de M'Fouati vers l'Est.

On y trouve de très beaux minéraux oxydés de cuivre, plomb et zinc. Certaines zones sont radioactives. Des résidus de blende, galène et chalcocite montrent que le minerai primaire était sulfuré et analogue aux autres gîtes de la région. Je pense que ces gisements proviennent de l'oxydation de minéralisations sulfurées dans les dolomies compétentes du SC III moyen. Rien jusqu'ici ne permet d'affirmer avec certitude qu'il y existe une minéralisation sulfurée dans le SC II, à l'exception de quelques cristaux de pyrite.

e) Indices de la Louvisie Occidentale (voir page 139, fig.33).

Dans son ensemble, ce bassin a été beaucoup moins prospecté que les autres ; aucun centre analogue à ceux de Boko-Songo, M'Fouati, M'Passa ou Mindouli n'y a été créé. A priori, aucun argument géologique ne justifie cet état de fait ; les terrains, les structures sont tout à fait analogues à ceux des autres bassins. Les indices superficiels de minéralisation n'ont pas de caractère diffé-

INDICES DES BASSINS DES LOUVISIES Ech: 1/200 000



rent des autres. Comme nous le verrons plus loin, on ne peut d'ailleurs pratiquement pas utiliser les seuls caractères minéralogiques d'un indice, ou même ses dimensions pour estimer correctement les chances de minéralisation cachée associée. Il me semble donc logique et nécessaire d'envisager la prospection de cette zone sous le même angle que celle de la région de Boko-Songo et de la boucle du Niari.

Sur le flanc Ouest du bassin, et du Nord au Sud, on trouve les indices connus suivants :

BISSAÏ ou PITA (de V. BABET)

Ce sont des fouilles indigènes situées à environ 1 km à l'Ouest du village actuel de Bissaï. On y trouve dans des dolomies, des oxydes de cuivre et de plomb, avec restes de galène. Dans les rivières voisines Banda et Simba se trouvent des blocs ferrugineux avec pyromorphite, malachite, planchéite.

ZOMBO.

Sur la même rive de la Louvisie que les précédents indices, ceux-ci se trouvent au Sud. On voit plusieurs affleurements de dolomies minéralisées, dont le plus important est à la source même de la rivière Zombo. Galène, malachite, azurite et limonites constituent la minéralisation avec pyrite et chalcocite probables.

On doit remarquer que les indices de Pita et Zombo correspondent à ceux de Yanga-Koubanza et de Palabanda, de part et d'autre de la crête Loutété-Louvisie. Les hauteurs qui constituent cette crête méritent une prospection serrée.

Plus au Sud, sur le même versant du bassin, des indices dans les grès ont été récemment trouvés par N. MORIN, prospecteur du C.E.A. Ce sont :

MOUKASSOU.

Malachite et chalcocite dans les grès feldspathiques du p₁ b à 1 km en amont du confluent Louvisie-Moukassou, dans cette dernière.

MIANZI.

Très faible imprégnation de malachite dans les grès arkosiques de l'Inkisi, dans le haut cours de la Mianzi. Il faut retenir que l'Inkisi existe dans cette partie du plateau des Cataractes, et qu'il peut être minéralisé. Ceci est à rapprocher du cas du gîte de Mimbodi sup. (voir page 142).

Le versant oriental du bassin de la Louvisie Occidentale comprend, du Nord au Sud, les indices suivants :

BOUMBA.

A l'extrémité Nord de la croupe qui sépare les rivières Boumba et M'Bakou. Nombreux puits indigènes dans le recouvrement, pour atteindre des dolomies massives gris-clair avec un peu d'oxydes verts de cuivre.

KINIAMA.

Sur la même ligne de hauteur, environ 1 km au Sud tout à fait comparable à Boumba

M'BAKOU.

Dans le cours supérieur de cette rivière, sur la rive droite, on trouve dans des dolomies du SC III supérieur : chalcocite, malachite, diopside, planchéite, chrysocolle et pyromorphite avec des limonites.

IMBI.

Sur les crêtes qui, dominant le village de Kimponzi, séparent la rivière Komboumba des rivières Loukoula et Pimbi, on trouve plusieurs points minéralisés qui ont été étudiés autrefois par le C.M.C.N. Il s'agit encore de chalcocite, malachite, diopside, planchéite, chrysocolle, cérusite, pyromorphite et limonites dans le SC III supérieur.

Sauf Moukassou et Mianzi, tous ces indices se situent donc dans le SC III supérieur. La première chose à faire est d'établir à quelles structures ils sont liés.

f) Bassin de la Louvisie Orientale (voir page 139, fig. 33)

Il correspond à la partie orientale d'une longue dépression combienne dans le Schisto-gréseux, qui isole au Nord le massif des Monts Comba. J'y ajouterai le bassin de la Loulombo, affluent Ouest de la Louvisie dont le bassin supérieur, au Sud de la route fédérale recèle quelques points minéralisés.

1) Indices de la Loulombo.

Ils ont été découverts par les prospecteurs du C.E.A.

MOUNGOULA-FIOTI.

Chapeau de fer sur la rive gauche de la Loulombo, derrière le piton Bikoumbou, d'environ 30 m de diamètre. La minéralisation comprend planchéite, malachite, limonite et quartz améthyste. Radioactivité notable. Les fouilles faites n'ont pas donné de renseignements sur l'enracinement en profondeur ; le chapeau de fer est situé sur le SC III.

Les affleurements se prolongent au Sud, de l'autre côté de l'affluent Moende, avec les mêmes minéralisations, plus de la pyromorphite.

TABA I et TABA II.

Les affleurements sont comparables aux précédents : chapeaux de fer avec traces de cuivre et de plomb. Ils jalonnent la rive droite de la rivière Taba, juste sous le Schisto-gréseux. Ils ne présentent aucune radioactivité anormale.

LMATEYA.

Sur la rive droite de la Tadi - N'Guembo, blocs de chapeau de fer et traces de minéralisation cuprifère dans les calcaires dolomitiques en plaquettes du SC III supérieur. On signale une radioactivité nette.

2) Indices de la vallée Schisto-calcaire (A. CARLIER, 1953 ; V. BABET, 1929)

Ce sont surtout des blocs ferrugineux dont quelques-uns présentent des minéralisations visibles de cuivre, plomb ou uranium. Je citerai :

R. LOMBOLO.

Blocs ferrugineux avec pyrite, bornite et pyromorphite abondante. Ces indices sont probablement liés à un accident subméridien plus ou moins parallèle au cours de la rivière.

R. MOUANGA, PEMBA et MAKALA.

Blocs ferrugineux liés au grand accident de la Louvisie Orientale (cf. première partie, chap. III, p. 102).

R. LOUVISIE (gué de l'ancienne route C.M.C.N.).

Très important chapeau de fer, jalonnant aussi l'accident de la Louvisie

Orientale, avec présence de pyromorphite massive.

TCHICOUNBA.

Composé de plusieurs affleurements, tous situés au contact grès-calcaire sur le flanc Sud des monts Comba. Quelques travaux miniers y ont mis en évidence, outre les limonites, de la "terre noire" cuprifère et des minéraux de cuivre, zinc et plomb : galène, cérusite, willémité, chrysocolé, diophtase, malachite, azurite. Certains affleurements sont nettement radioactifs.

MOUBIRI.

6 km à l'Est de Tchicoumba, se présente dans des conditions tout à fait analogues. Les travaux miniers effectués ont rencontré en outre des veinules de chalcocite dans la dolomie. Ces deux derniers indices sont aussi probablement liés à l'accident majeur de la Louvisie Orientale.

De l'autre côté de la vallée, on connaît encore :

MANDOLA.

Blocs de chapeau de fer.

MIMBODI inférieure.

Très volumineux chapeaux de fer, avec pyromorphite, traces de cuivre et radioactivité. Des fouilles nombreuses ont montré que les blocs ferrugineux se concentrent au voisinage d'une faille combienne qui, à cet endroit, met en contact l'Oolite de Kisantu (SC III inf.) avec la base du M'Pioka.

Tous ces affleurements ferrugineux se trouvent sur des roches calcaires ou dolomitiques, le plus souvent proches du contact avec le Schisto-gréseux. Les travaux effectués ont consisté en travaux miniers et sondages à Moubiri, travaux miniers à Tchicoumba, fouilles à Mimbodi inférieure.

3) Indices et gisement du rebord Sud du plateau des Cataractes.

De M'Passa à la Haute-Mimbodi, on trouve une série d'indices importants, tant dans les dolomies que dans les grès, qui ont fait l'objet de recherches assez approfondies.

M'PASSA et DIANGALA - MALOUENDE.

Nous étudierons ces gisements en détail plus loin (pages 157 et 172).

MIMBODI. (A. CARLIER, 1953 ; J. CLAVEAU, 1952).

Dans le haut cours de cette rivière, des grès feldspathiques à grain moyen sont bien minéralisés, surtout en bornite et chalcocite. Selon la géologie locale, les grès appartiendraient à la partie supérieure du M'Pioka (p₁ c) ; ils sont en tout cas situés à 175 m au-dessus du Schisto-calcaire, d'après les sondages. La minéralisation est liée à une faille subméridienne, qui localement élève le compartiment Est ; son pendage est fort (80 G) vers l'Ouest. Elle semble localisée au mur et comprend essentiellement de la pyrite, de la bornite et de la chalcocite, avec un peu de galène et de blende subordonnées ; aux affleurements, on trouve de la malachite, de l'azurite, de l'argent et du cuivre natifs.

Les sondages exécutés par les Sociétés EMAC-SOMINIA sur cet indice ont totalisé environ 1 400 m ; ils ont montré que la minéralisation, localisée aux couches de grès feldspathiques (environ 30 m de puissance) était en outre concentrée le long de la faille, dont elle ne s'éloigne guère de plus d'une trentaine de mètres. Les dolomies, sous les grès, n'ont pas été explorées.

g) Indices du bassin de la Loukouni (voir page 144, fig. 34).

La faille combienne qui longe au Sud les monts Comba, par Tchicoumba et Moubiri, continue vers l'Est, jusqu'à Renéville. Tout le long, le Bureau Minier a découvert plusieurs nouveaux indices, que je passe ici brièvement en revue.

M'PIEME.

C'est un ensemble de blocs ferrugineux et siliceux avec pyromorphite, descloizite et un peu de malachite. Des recherches géophysiques et des sondages ont été récemment effectués ; ils ont montré que la minéralisation comprenait des poches de terre noire, analogues à celles de Mindouli, et des sulfures en filonnets dans les dolomies du SC III supérieur, comprenant surtout de la galène et de la blende. Le tout est incontestablement lié à un système complexe de failles combiennes et subméridiennes.

VINZA - MOUYETE - KINSOUNDI

Blocs de chapeau de fer.

BOUABOUMPO

Chalcopryrite et galène en mouches dans des calcaires du SC I^C, au contact avec le SC II. Cet indice est intéressant en ce qu'il est le seul connu jusqu'ici dans le SC I^C (C III) au Niari (A. RIEDEL, 1955).

Au Sud de la structure minéralisée combienne précédente, sur le rebord septentrional du plateau des Cataractes, se trouvent la mine et les indices de Mindouli.

MINDOULI

Les premiers travaux d'exploitation remontent au début du siècle. En 1929, V. BABET a donné dans sa thèse une description du gisement et du minerai. Peu après, la chute des cours du cuivre amenait la fermeture de la mine. Ce n'est que récemment (1950) que le Bureau Minier et les Sociétés EMAC et SOMINIA y ont repris les recherches. Les anciens travaux ont été rouverts et de nombreux sondages exécutés. Ces travaux ont permis de beaucoup améliorer nos connaissances sur le gisement ; son étude détaillée n'entre pas dans le cadre de ce travail, je n'en donnerai que les faits principaux.

La minéralisation est localisée dans les dolomies du SC III supérieur et dans les grès feldspathiques du p₁ b ; elle y forme plusieurs lentilles, plus concentrées en métal dans les dolomies que dans les grès, liées à des failles combiennes. La grosse masse du minerai se trouve au mur de failles satellites de la faille principale.

Il comprend : chalcopryrite, bornite, chalcocite, covellite et pyrite, cette dernière surtout dans les grès ; avec galène et blende subordonnées. Il contient de l'or, de l'argent et est profondément altéré et oxydé. Dans les dolomies en particulier, on trouve des poches de terres noires cuprifères décrites par V. BABET (1929).

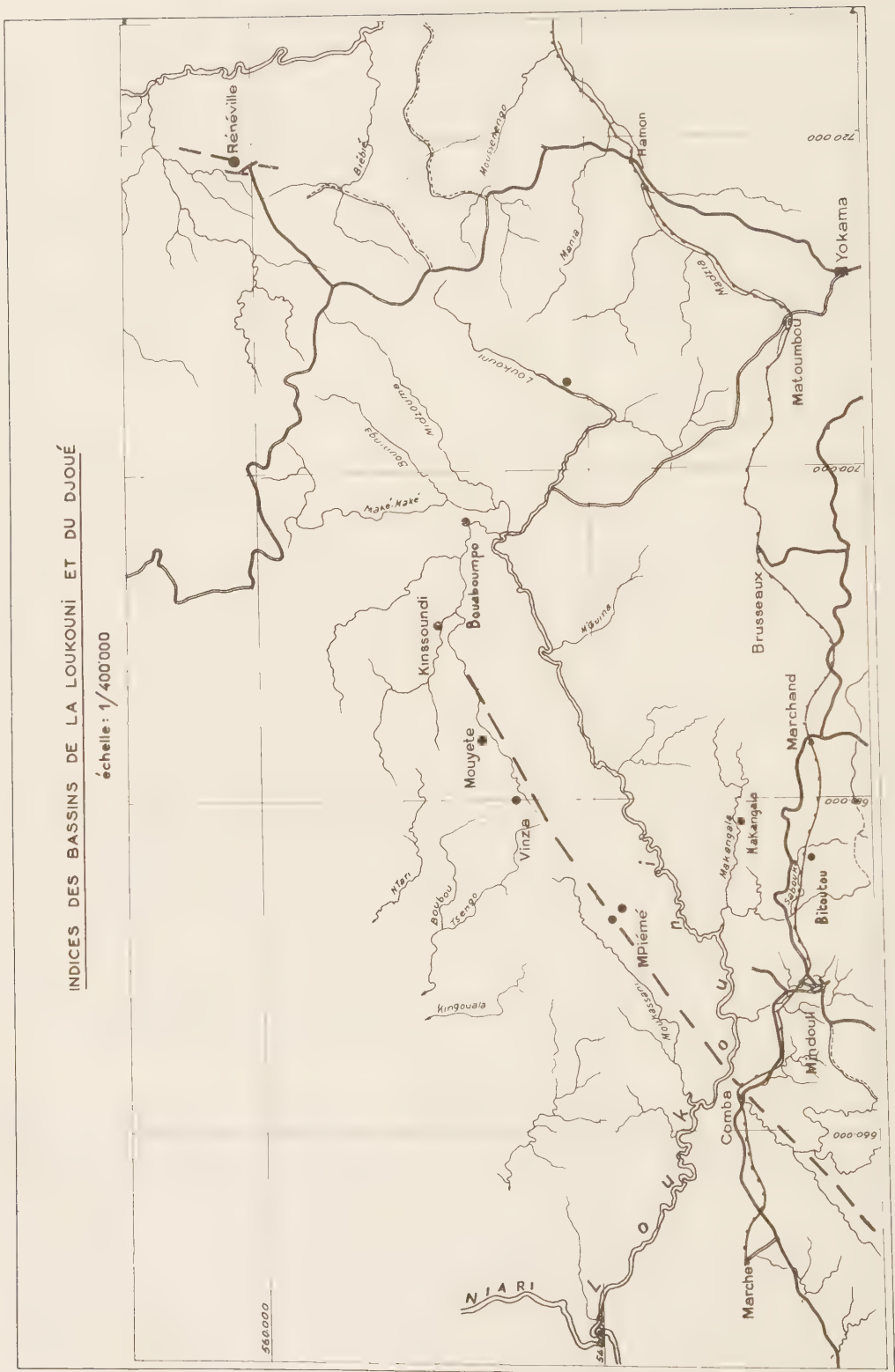
D'autres indices prolongent la mine de Mindouli :

BITOUTOU à l'Ouest (grès à chalcocite) et MAKANGALA à l'Est (galène, blende dans dolomies).

h) Indices du bassin du Djoué (voir page 144, fig. 34).

RENEVILLE

Ce point, le plus oriental du bassin du Niari, apparaît dans des couches rapportées au SC III inférieur, à la faveur d'une fenêtre dans les terrains de couverture. Il a fait l'objet d'un début d'exploitation par le C.M.C.N. vers



- Fig. 34 -

1930 ; récemment, des sondages et des recherches géophysiques y ont été poursuivies.

Liée à un accident tangentiel subméridien, la minéralisation est localisée au SC III. Elle comprend de la chalcopryrite, de la bornite, de la chalcocite, avec un peu de pyrite, oxydées en minéraux verts de cuivre, célèbres (diopside). On trouve aussi d'abondantes calamines et des terres noires ; comme à Mindouli, le minerai est argentifère et aurifère.

23°) Bas-Congo belge et Angola (voir page 125, fig. 28).

Des indices analogues à ceux du Niari existent au Congo belge et en Angola et sont l'objet d'actives recherches. Grâce à l'amabilité des dirigeants du Syndicat BAMOCO, qui les mènent au Congo belge, il m'est possible ici d'en donner un bref aperçu.

a) Congo belge.

D'une manière générale, les points reconnus jalonnent le rebord méridional du plateau des Cataractes. On peut artificiellement les séparer en deux zones :

- Indices de la région de Luozi, qui prolongent en territoire belge ceux de la région de Boko-Songo. Ce sont dans les couches du SC III supérieur, des chapeaux de fer (LUOZI et LUALU), des enduits de malachite avec filonnets de chalcocite dans les dolomies (N'KUVA) ou encore une brèche de faille avec oxydes de manganèse (LUKASU). Ces points n'ont pas encore été l'objet de prospections détaillées.

- Indices de la région Thysville - Bamba-Kilenda, qui sont associés à une série de failles à grand rejet, combiennes à l'Ouest (Luvituku), nettement Est-Ouest à l'Est (Bamba). D'Ouest en Est, on rencontre :

LUVITUKU

Entre cette localité et celle de Toni, on trouve de nombreux blocs de chapeaux de fer sur la plaine formée de SC III ; ils contiennent souvent des vanadates.

TONI

Une faille combienne met en contact M'Pioka et SC III. Dans les dolomies massives de ce dernier se trouve une lentille de galène, avec pyromorphite. Autour de cet indice principal, existent de nombreuses accumulations de blocs ferrugineux et siliceux, avec traces de vanadates.

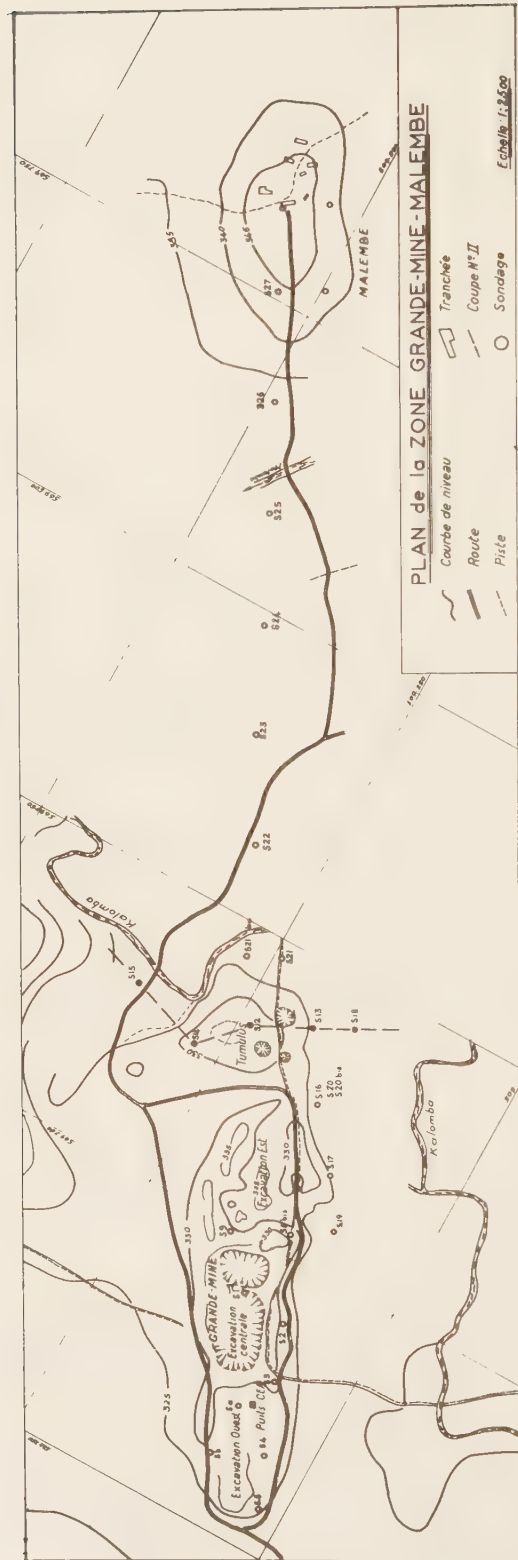
MUKA

Un peu au Nord de Toni, les grès fins de l'Inkisi sont faiblement minéralisés en cuivre, et on a pu trouver de la chalcocite dans une cassure, associée à une faille combienne.

KUSSU

Au Nord-Est du précédent, près de la rivière Luaza, on a trouvé d'abord une lentille limitée dans les dolomies du SC III, avec une riche minéralisation qui comprenait : chalcopryrite, bornite, chalcocite, covellite, cuprite, et les minéraux oxydés verts du cuivre, y compris le diopside.

Les recherches menées sur ce point permirent la mise en évidence un peu au Nord, juste au contact grès-calcaires d'une couche terreuse, riche en vanadates, avec quelquefois des géodes de vanadinite bien cristallisée. L'accumulation du



- Fig. 35 -

vanadium est assez importante pour justifier un certain intérêt économique, et l'exemple, pour le moment unique, de Kussu, est intéressant.

BAMBA-KILENDA

Les recherches au Congo belge ont débuté sur ce point où on avait trouvé dans une rivière un énorme bloc de chalcocite à peu près pure. Les travaux de recherches effectués, qui comprennent de nombreux sondages et des travaux miniers, ont mis en évidence une faille importante, subverticale, de plusieurs centaines de mètres de rejet.

A son voisinage, les dolomies du SC III et les grès feldspathiques de l'Inkisi sont bien minéralisés en pyrite, blende, galène, chalcocite, cuprite, cuiivre natif et les minéraux oxydés correspondants. Le minerai contient de l'or et de l'argent ; les chapeaux de fer, qui le surmontent, du vanadium. Le cobalt n'a pas été signalé.

M'FIDI

Tout à fait en dehors des zones précédentes, il faut signaler de très petites quantités de chalcocite trouvées dans les couches M'Fidi de la rivière du même nom, bien au Sud de Bamba-Kilenda. Ce point relie la zone du Bas-Congo à la suivante.

b) Angola.

Je n'ai guère pu trouver de renseignements sur les minéralisations cuprifères de l'Angola. Une mine a été un temps exploitée près de BEMBE ; d'actives recherches sont actuellement en cours aux environs de MAVOIO.

- DESCRIPTION DETAILLEES DE POINTS PARTICULIERS -

Nous allons étudier en détail deux gîtes sulfurés dans les dolomies du SC III supérieur : la GRANDE-MINE et M'PASSA ; un indice sulfuré dans les grès arkosiques : DIANGALA ; et un chapeau de fer minéralisé : DJENGUILLE.

Tous ces points ont été l'objet de travaux miniers ou de sondages. Les descriptions qui suivent ne comprendront aucune indication de teneur, ni de tonnage.

1°) La Grande-Mine de Boko-Songo (voir page 146, fig. 35 et photo n°71, pl.XV).

Les premiers explorateurs ont signalé cet impressionnant chapeau de fer qui atteint environ 500 m de long sur 100 m de large. Au milieu de la plaine marécageuse, sillonnée des forêts-galeries de la Kalomba, la Grande-Mine forme un tumulus rouge d'hydroxydes de fer, élevé d'une quinzaine de mètres. Vers l'Est, au-delà de la rivière (voir carte ci-contre) des blocs ferrugineux épars forment un relais avec le chapeau de fer moins important de la MALEMBE. Cet ensemble a été reconnu par une campagne de sondages du Syndicat de Boko-Songo (C.M.C.F.+ S.M.M.P.) ;

nous l'étudierons de même en une seule unité.

a) Les affleurements et les travaux superficiels.

On peut distinguer trois zones distinctes en surface :

- la Grande-Mine, proprement dite, composée de trois grandes excavations creusées par les indigènes et du tumulus du bord de la Kalomba,
- la colline de la Malembé, qui est un amas oxydé sans travaux indigènes,
- la zone intermédiaire où affleurent des blocs ferrugineux épars.

1) La Grande-Mine proprement dite.

- Excavation Ouest : on y observe les affleurements Schisto-calcaires dont j'ai déjà parlé (lère partie, chap. III, page 88). Au milieu, émergeant des terres rouges remaniées, se trouvent aussi deux affleurements en place, entièrement ferrugineux et siliceux (voir photos n° 73, 74, 75, pl. XV). La roche a un aspect cellulaire et scoriacé, elle se couvre en saison sèche d'efflorescences vertes et bleues, essentiellement formées de chalcantithe et de mélantérite. Un filonnet de cérusite recoupe le tout.

Dans les terres, on trouve de la pyrite en gros rognons, quelques rares cristaux de galène et des produits d'oxydation cuivre, plomb, zinc abondants (cérusite, anglésite, willemite, malachite, azurite, plombojarosite). En 1913, BUTTGENBACH a décrit de la scorodite sur un échantillon ramené par V.BRIEN en 1906.

Mme G. BONIFAS, du Laboratoire de G. MILLOT à Nancy, a effectué une analyse détaillée d'un échantillon ferrugineux massif de l'affleurement principal (éch. GM. R2). Les résultats principaux de cette étude sont les suivants : la roche est essentiellement composée de quartz (3,2 pour cent) et de sesquioxydes de fer (70 pour cent) que les rayons X permettent d'identifier comme goethite et oligiste. On trouve aussi 2 pour cent d'oxyde de cuivre, 1 pour cent de silicate d'alumine (peut-être une argile non visible sur le spectre) et 6 pour cent d'alumine libre, enfin 14 pour cent d'eau de constitution.

Des sections polies taillées dans la masse ferrugineuse (éch. T.33, T.65 et T.91) montrent qu'elle résulte de l'oxydation de pyrite souvent anisotrope transformée en oxydes de fer hydratés, apparemment amorphes, que nous désignerons par "limonites". Ultérieurement, ceux-ci se concrétionnent aux parois des cavités et des fissures en goethite typique.

De la malachite remplit les espaces laissés vides. On n'observe que très peu de quartz. La section T.33 montre l'altération de la pyrite le long de ses directions de séparation (parallèle à p) (photo n°72, pl. XV).

Une lame mince enfin (T.68) dans la dolomie d'un des affleurements montre la limonitisation de ce dernier : l'hydroxyde de fer pénètre entre les cristaux de dolomie, sans qu'aucune fissure ne soit visible.

Plusieurs tranchées ont été faites, ainsi qu'un puits à main, profond de 10 m. Dans ce dernier ont été retrouvés en place les mêmes minéralisations qu'en

surface, avec en outre du cuivre natif dans un banc de dolomie complètement limonitisée.

- Excavation centrale : c'est la plus importante par ses dimensions. On y trouve les mêmes terres minéralisées que précédemment, plus du chrysocolle ; mais sans affleurements en place.

Un échantillon de ces "terres rouges" (n° GM.R1) a aussi été analysé, au Laboratoire de G. MILLOT, par Mme EONIFAS.

Les résultats sont les suivants : quartz 20 pour cent, sesquioxydes de fer, 48,5 pour cent ; traces d'oxydes de cuivre, manganèse ou titane ; argile : 15 pour cent et environ 8 pour cent d'eau de constitution. Les rayons X révèlent que la fraction argileuse est essentiellement formée de kaolinite, avec un peu d'illite ; les oxydes de fer sont de la goethite.

En nous reportant à l'étude de l'échantillon GM.R2, nous voyons que la différence essentielle entre les deux échantillons est la présence d'argile dans GM.R1.

- Excavation Est et tumulus du bord de la Kalomba : l'excavation a un aspect plus complexe que les deux autres, car elle est composée de plusieurs fouilles. Mêmes minéralisations qu'ailleurs, avec, en outre, de beaux échantillons de limonite irisée.

Le tumulus n'avait pas été exploité par les indigènes, mais J. PARES, géologue de la C.M.C.F., y a pratiqué des puits à main en 1932. En rouvrant l'un d'eux, au Sud du tumulus, nous avons mis à jour un grand affleurement d'oxydes de fer massifs, dont l'ensemble conserve les structures et le litage de la dolomie massive qu'ils ont remplacée.

Différentes analyses ont été faites sur des échantillons séries de cet affleurement : rayons X, analyse thermique différentielle et thermobalance au Laboratoire de l'ORSOM, à Bondy, analyses chimiques classiques au Laboratoire de la Direction des Mines et de la Géologie de l'A.E.F. Ces études n'ont pas été poursuivies suffisamment pour aboutir à des interprétations d'ensemble ; mais les faits suivants sont à retenir :

- Composition :

	G.M. 15 (pour cent)	G.M. 19 (pour cent)	G.M. 24 (pour cent)	G.M. 25 (pour cent)
Si O ²	83	95	0,6	34
Al ² O ³	1,8	0,7	4,7	1,8
Fe ² O ³	13,4	3,4	86,8	18,5
Fe O	0,8	0,4	1,2	1,6
Ca O			2,35	22,8
Mg O		1,2		1,6
Pb O				0,6
Perte au feu	0,1	0,7	4,70	19

De GM.15 à GM.25, c'est-à-dire de haut en bas de l'affleurement, la teneur en carbonate augmente, celle de silice diminue : silicification et limonitisation semblent bien être des phénomènes superficiels - GM.24 contient de l'alumine libre, comme plus haut GM.R2 - GM.18 et GM.19 contiennent du quartz, de la kaolinite et de la goethite.

Les carbonates de GM.24 et GM.15 apparaissent à l'analyse thermique.

- Sondages à main de J. PARES.

Vingt quatre sondages à main d'une profondeur variant de 8 à 23 m ont été forés sur la Grande-Mine en 1932 par la C.M.C.F. Ces sondages ont été répartis sur le grand axe du chapeau de fer et sur une ligne transversale passant au centre de l'excavation centrale.

Les échantillons recueillis n'ont été analysés que pour le cuivre. Il en résulte qu'après 5 - 6 m de terres rouges un peu minéralisées existe sous presque tout le chapeau de fer une zone riche en malachite de puissance variable (6 m en moyenne) ; on trouve ensuite une zone altérée siliceuse, puis la roche dolomitique en place plus ou moins décomposée. L'existence d'une zone minéralisée en produits oxydés Cu, Pb et Zn se retrouvera dans d'autres chapeaux de fer et doit être notée ici.

2) Les blocs intermédiaires entre Grande-Mine et Malembé.

Il s'agit de blocs épars, cellulaires ou scoriacés bruns, rougeâtres ou noirs, particulièrement nombreux au voisinage du sondage S.22. Quelques-uns présentent une radioactivité notable.

3) Le chapeau de fer de la Malembé.

Un peu moins étendu que la Grande-Mine, il mesure 300 m sur 100 environ, avec une forme ellipsoïdale, dont le grand axe coïncide à peu près avec la faille de Boko-Songo.

Les indigènes n'y ont pas fait de fouilles ; la C.M.C.F. y avait en 1932 pratiqué deux petits puits. Une campagne de tranchées et de sondages à main en 1950 ont apporté les résultats suivants :

- on trouve toujours des blocs ferrugineux massifs emballés dans des terres rouges. Aucun affleurement en place, jusqu'à 10 m de profondeur
- quelques rares minéralisations de ces blocs en quartz améthyste et malachite
- une couche de silice blanche pulvérulente associée à de la malachite a été recoupée par un sondage sur le flanc N.W. du chapeau, vers 8 m de profondeur.

Parmi d'autres préparations, une section polie (T.35) montre l'épigénie d'oolites par la limonite. De la goethite, puis de la malachite remplit ensuite les cavités (voir photo n° 76, pl. XVI). Du quartz est postérieur à la goethite.

b) Les sondages.

Ils ont tous été exécutés par le Syndicat de Boko-Songo de 1951 à 1953. Au nombre de 33, leur profondeur moyenne est de 130 m, la plupart sont verticaux, quelques-uns sont inclinés vers le Nord à 20 ou 30° de la verticale. Le plan de la page 146 donne leurs emplacements.

1) Structure de la minéralisation.

Les renseignements apportés par ces sondages sont le mieux compris en les groupant sur des coupes NW.-SE. perpendiculaires à la faille de Boko-Songo. Nous n'examinerons ici qu'une seule de ces coupes, celle qui passe par les sondages S.18 - S.13 - S.12 - S.14 et S.15. C'est aussi la plus complète ; elle a déjà été citée et figurée au chapitre III, page 97 (1ère partie).

On la trouvera à nouveau ci-contre (fig.36) ; les zones minéralisées y ont été ajoutées et leur forme d'ensemble figurée en perspective. (J'entends par "minéralisation" aussi bien les minéraux sulfurés d'intérêt économique, que les matériaux ferrugineux qui les accompagnent). On voit qu'elles constituent des sortes de demi-lentilles, butant au Nord sur la faille principale et s'amincissant vers le Sud, à une profondeur d'environ 60 m. Les coupes voisines montrent que ces lentilles sont limitées en extension, parallèlement à la faille.

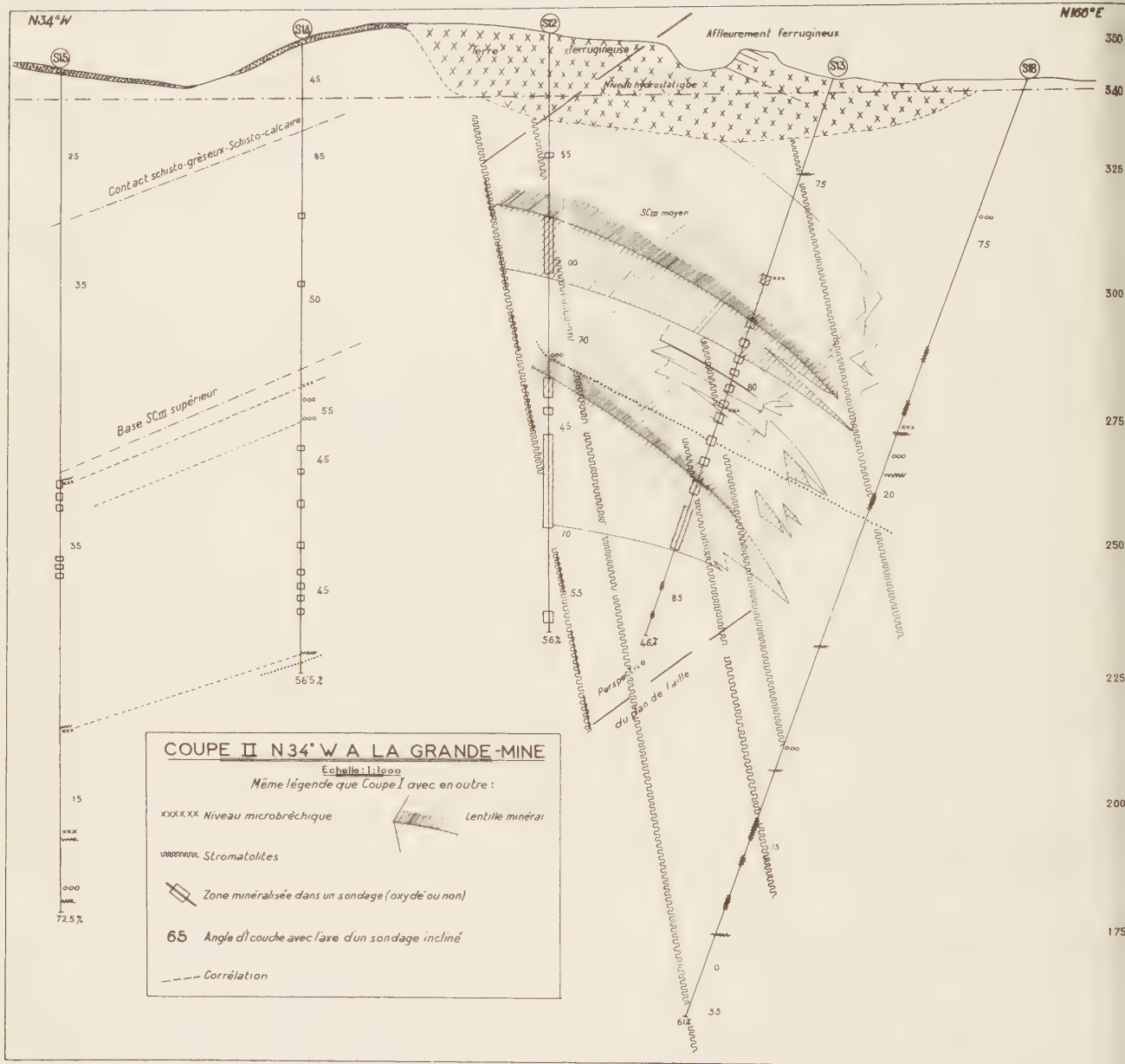
Dans son ensemble, chaque lentille minéralisée est localisée à une couche déterminée des dolomies encaissantes ; elle en suit le pendage. Ici se sont les dolomies massives compétentes du milieu du SC III moyen.

Il y a deux couches favorables sur la coupe, donnant deux lentilles superposées.

Dans le détail, les lentilles n'ont pas une forme simple ; elles se prolongent vers le Sud par des apophyses plus ou moins étroites ; des failles satellites de la faille principale peuvent les redoubler, ou du moins altérer leur forme.

La structure interne des lentilles comprend grossièrement un noyau essentiellement sulfuré, entouré d'une zone limonitisée d'épaisseur variable. Cette dernière se développe particulièrement dans la faille principale et s'étend loin dans toutes les petites cassures aussi bien à l'extérieur de la lentille que dans son sein.

De la Grande-Mine à la Malembé, il existe plusieurs lentilles de cette



- Fig. 36 -

sorte, dont les relations de position sont assez mal définies ; toutes ont les mêmes caractères généraux.

2) Minéralogie du minerai.

J'ai groupé les échantillons étudiés d'une part en deux séries verticales, traversant une des lentilles de part en part, sur deux sondages verticaux différents S.12 et S.16 ; d'autre part, en des points particuliers d'autres sondages dispersés.

Série S.12

Sept sections polies et deux plaques minces ont été faites, qui montrent que le minerai est essentiellement composé de quartz et de pyrite, avec chalcoppyrite et galène subordonnées. De la bornite mauve et de la chalcocite bleue cimentent la chalcoppyrite ; une limonitisation générale commence à se produire. Les sections suivantes sont disposées de haut en bas dans la lentille de minerai.

Section T.36

Pyrite, chalcoppyrite, bornite mauve et chalcocite bleue, hématite, limonite, quartz et quelques cristaux de calcite. La chalcoppyrite forme des filonnets dans le quartz et remplit les craquelures de la pyrite ; elle peut aussi englober des résidus de pyrite. Elle est toujours accompagnée de bornite mauve de cimentation, suivie de chalcocite bleue. L'hématite remplace la pyrite.

Les rapports du quartz et de la pyrite sont assez difficiles à préciser : on voit la seconde souvent prendre les formes du premier (photo n°77, pl. XVI) (texture en "atoll").

Section T.37

Mêmes minéraux, sauf la calcite. La chalcoppyrite forme des plages déchiquetées dans le quartz, avec la bornite associée.

L'hématite se trouve ici sous forme de fines paillettes entrecroisées. A la binoculaire, les cristaux de quartz apparaissent souvent chargés en leur centre d'un "nuage" de grains microscopiques de pyrite ; de plus, ils en sont entourés. En plaques minces, on voit une mosaïque de grains de quartz à contours peu engrenés.

Dans la plupart des grains, la pyrite se trouve en cristaux ultramicroscopiques, plus ou moins agrégés et disposés selon les faces d'un cristal de quartz rhomboédrique. Cette curieuse disposition "poécilitique" est présente dans la plupart des échantillons de la Grande-Mine. L'oxydation se propage dans la masse quartzreuse, en transformant in situ la pyrite en oxydes de fer, qui ont, même aux plus forts grossissements, la même disposition qu'elle.

Section T.38

Pyrite, marcassite, chalcocite bleue, hématite et quartz. La marcassite forme des sphérolites qui s'hématisent par l'intérieur (photo n°78, pl. XVI). La chalcocite est en minuscules résidus dans le quartz ou la pyrite. La texture décrite pour la section précédente se retrouve très nette ; on observe en outre, à la binoculaire, une zone extérieure des cristaux de quartz, sans pyrite (photo n° 79, pl. XVI).

La section T.39 présente des caractères semblables, mais ne contient pas de chalcocite.

Section T.40

Pyrite, marcassite, chalcopryrite, bornite mauve, hématite, limonite, quartz. La section montre surtout du quartz dans lequel se trouvent inclus de très petits morceaux de sulfures. A la loupe binoculaire, on retrouve la disposition citée plus haut.

La section T. 41 est semblable, mais on n'y voit pas de chalcopryrite. A la binoculaire, on observe de fines aiguilles brunes, qui se développent dans le quartz à partir de la pyrite.

Section T.42

Essentiellement pyrite, marcassite, hématite et quartz. Quelques restes très petits de chalcocite.

On observe dans cette série un minéral primaire cuivre et fer (pyrite, marcassite et chalcopryrite), d'abord cémenté (bornite mauve et chalcosine bleue) puis oxydé (hématite, limonites). Le tout dans une gangue essentiellement quartzeuse. Les analyses chimiques donnent des teneurs non négligeables en plomb, qui doit exister, comme ailleurs, surtout sous forme de galène, que je n'ai pas vue dans les préparations ci-dessus.

Série S.16

Quinze sections polies et trois plaques minces ont été taillées dans les carottes de ce sondage, de 82 m 60 à 92 m 50 (T.43 à T.55).

Ces préparations montrent des caractères communs que j'énoncerai d'abord :
- la plus grande partie de la masse du minéral est formée de quartz et de pyrite. La pyrite entoure les cristaux de quartz d'un fin liseré, mais existe aussi à l'intérieur en "nuage". Elle est sous forme de minuscules cristallites, le plus souvent automorphes. Le "fond poéclitique quartzo-pyriteux" se retrouve dans toutes les sections, sauf T.43 et T.46.

Dans la section T.53 existe dans cette masse quartz et pyrite un front d'oxydation : sans changement aucun de la texture, la pyrite est transformée en limonite dans une partie de la préparation et intacte dans l'autre. Entre les deux existe une zone sombre de 2 cm d'épaisseur à peu près, où la pyrite est encore jaune.

En plaque mince, le quartz est en mosaïque ; les grains contiennent de la pyrite en grains irréguliers disséminés dans la masse ; on n'observe pas la disposition décrite plus haut. L'oxydation se produit sans changement de la texture des quartz, les grains de pyrite se transforment en oxydes de fer.

Des résidus de carbonates existent dans les interstices des quartz.

La masse de quartz et de pyrite est traversée par des filonnets comprenant :

Calcite	<u>Pyrite</u>	<u>Chalcopryrite</u>	<u>Chalcocite</u>
Quartz	Marcassite		<u>blanche orthorhombique</u>
		<u>Bornite mauve</u>	
			<u>Néodigénite</u>
			<u>Covellite</u>
	<u>Hématite</u>		
	<u>Goethite Limonite</u>		

Quand elles sont associées, la chalcopryrite remplit les fissures de la pyrite ou de la marcassite (voir photo n° 80, pl. XVI) ; la bornite et la néodigénite forment des taches irrégulières sur la chalcopryrite ; ce sont des minéraux de cémentation. La covellite est associée à la chalcocite blanche. La chalcocite blanche semble indépendante de la chalcopryrite.

La gangue de ces filonnets est surtout faite de calcite, avec quartz nettement subordonné.

On observe ensuite les traits particuliers suivants sur chaque section :

Section T.43 (82 m 60)

C'est un morceau de dolomie un peu rougie par l'oxyde de fer, avec deux systèmes de fractures indépendants :

- le premier est formé de filonnets recimentés par de la dolomie à grands cristaux, avec dedans des morceaux de la dolomie cryptocristalline encaissante.
- le second recoupe le premier et est rempli de calcite et de sulfures (ici chalcopryrite, bornite, chalcocite). Les cristaux de calcite sont automorphes, (voir photo n° 81, pl. XVI).

Section T.43 (83 m 10)

Outre les caractères généraux précédents, on distingue ici deux produits d'oxydation différents de la pyrite "mélangée" au quartz : l'un est de la limonite rouge, la plus fréquente, l'autre est jaune-ocre. Ces différences proviennent de différences dans la quantité d'eau ajoutée à la goethite, dans la limonite.

Section et plaque mince T.45 (83 m 80)

Un filonnet de calcite avec chalcopryrite cémentée recoupe la masse de quartz pyriteux. Il y a des inclusions de carbonate dans le quartz (photo n° 82, pl. XVII). Les sulfures peuvent y être en inclusion, ou remplir des fissures des cristaux.

Section et plaque mince T.46 (86 m 40)

Dans une gangue cristalline de calcite blanche, on voit à l'oeil nu des sulfures disséminés, essentiellement de la chalcocite, en petites plages déchiquetées. La section polie permet de retrouver tous les minéraux déjà cités ; en

lame mince, on voit en outre un peu de quartz contenant de la calcite en inclusion ; la calcite est en grands cristaux automorphes.

Section T.46 (87 m)

L'hématite se présente en fines paillettes enchevêtrées.

Les autres préparations ne montrent ensuite rien de nouveau.

Dans la série, de haut en bas, on ne peut guère suivre une évolution de la cémentation qui paraît bien marquée partout, pas plus que de l'oxydation, vraisemblablement variable selon les fractures qui affectent les minerais.

Les sections polies reflètent le schéma esquissé plus haut : ce sont celles du coeur des lentilles minéralisées qui sont plus riches en cuivre, les extérieures étant surtout pyriteuses ; il semble bien qu'il y ait un certain zonage concentrique de la minéralisation.

Les analyses chimiques ont donné un peu de plomb dans la zone des sections T.43 à T.45, qu'il n'a pas été possible de voir au microscope.

Echantillons divers.

S₄ : 66 m 20 et 76 m 50

Surtout formés de chalcocite blanche orthorhombique, ces échantillons présentent des caractères de cémentation : bornite mauve, néodigénite, et d'oxydation : goethite. Quelques cristaux de pyrite et de quartz sont noyés dans la chalcocite.

S₁ : 65 m 50 et 66 m 80

Blende, galène, chalcopryrite rares dans les sections
Chalcocite blanche orthorhombique
Néodigénite et bornite mauve
Goethite et limonite d'oxydation
La gangue est quartzeuse.

Les échantillons précédents sont radioactifs ; l'analyse chimique y montre l'uranium en traces. Mais l'examen microscopique, complété par la technique d'impression directe n'a pas permis de localiser la substance uranifère.

Plaque mince et Section T.153 (73 m 10 dans S.23, voir page 146, fig. 35)

Il s'agit de pyrite et de marcassite avec quartz et calcite étroitement associés ; des filonnets sont remplis de calcite avec un peu de chalcopryrite.

Cet échantillon correspond à une fracture parallèle à la faille principale.

Plus bas dans le sondage se rencontre une zone minéralisée en cuivre et accessoirement en zinc, avec essentiellement pyrite et chalcocite.

Plaque mince et section T.154 bis (81 m dans S.24)

Dolomie massive fracturée, en un fin réseau de veinules remplies de chalcocite. La dolomie cryptocristalline est parfois recimentée en calcite. La chalcocite comporte des inclusions déchiquetées de marcassite et anguleuses de quartz. Les bords des filonnets sont en correspondance géométrique. En bordure,

aux forts grossissements, on observe un mince liseré discontinu de limonite.

A partir des filonnets, la chalcocite pénètre le long des lignes de microstratification que recoupe nettement les filonnets.

Les sondages 23 et 24 ont donc recoupé une zone minéralisée, analogue aux autres, mais à laquelle ne correspond en surface aucun bloc de chapeau de fer.

Section T.154 (68 m 75 dans S.27)

C'est une dolomie un peu calcareuse avec des filonnets de calcite, accompagnée d'un peu de pyrite. Ailleurs celle-ci "imprègne" la roche en s'infiltrant entre les cristaux, et prenant ainsi une allure "réticulée". Là où la pyrite est en grandes plages, en bordure, les carbonates ont leurs formes propres.

Il n'est pas possible ici de détailler plus cette description des minéralisations de la zone Grande-Mine Malembé. Mais les faits essentiels sont rassemblés, et ils se retrouvent, tous ou en partie, dans les autres sondages. On voit qu'il s'agit d'un minéral cuprifère avec plomb et zinc subordonnés, cimenté et oxydé, disposé en lentilles irrégulières, toutes au Sud de la faille principale, dans des couches compétentes favorables.

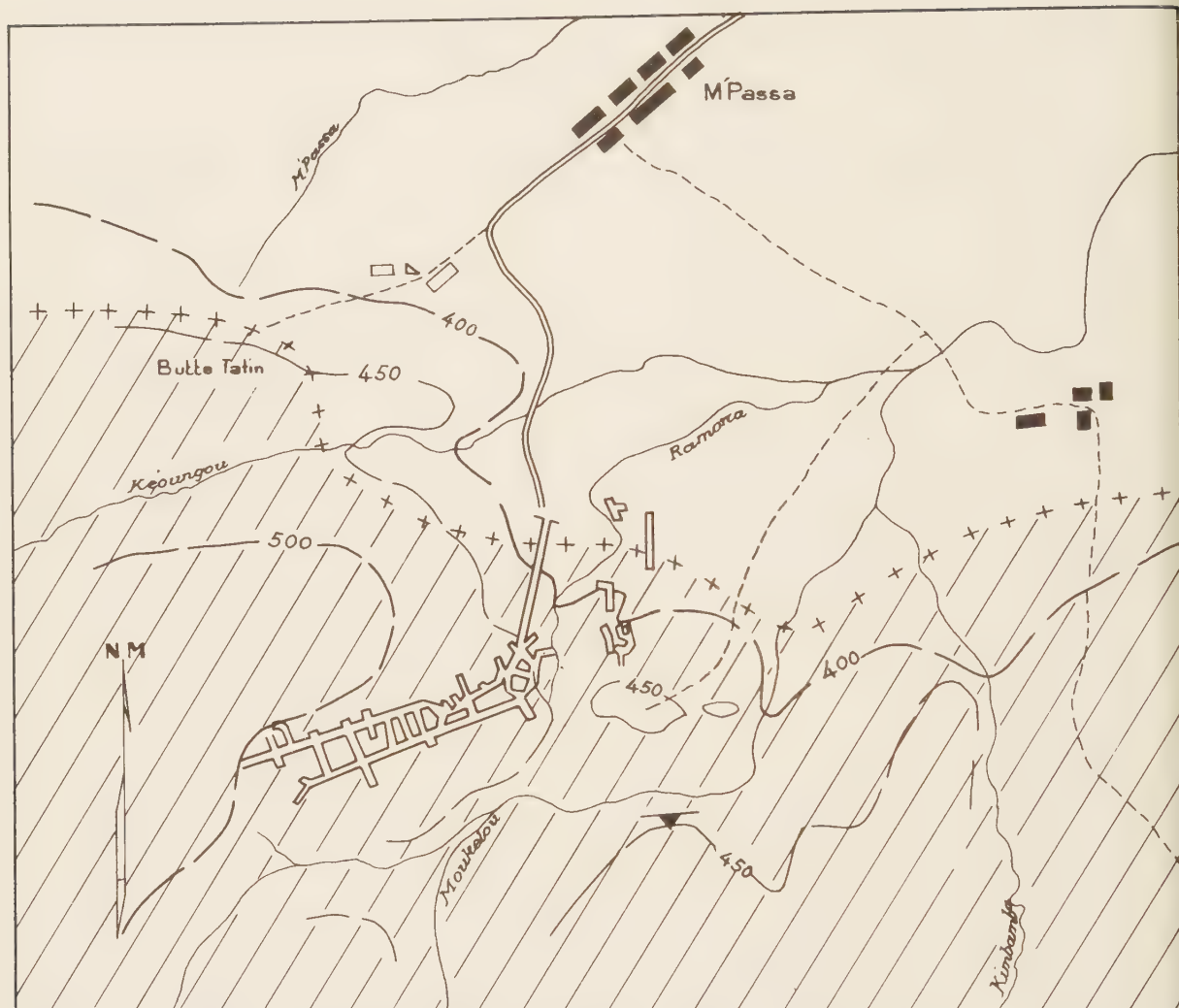
2°) La mine de M'Passa.

a) Généralités.

On situera ce point important du bassin du Niari sur la carte au 1/200 000 (fig. 33, page 139). La carte ci-contre (fig. 37) au 1/10 000 précise la localisation de la mine. Celle-ci a été ouverte en pénétrant de niveau dans l'escarpement schisto-gréseux du plateau des Cataractes, du Nord vers le Sud. Les travaux sont entièrement dans les dolomies massives de la partie tout à fait supérieure du Schisto-calcaire, au contact même du Schisto-gréseux. Ici les couches ont, dans l'ensemble, un faible pendage Sud. Dans le détail, elles sont affectées de failles diverses. On en rencontre plusieurs dans la mine, d'assez faible importance, de direction combienne (E.N.E.).

Pour moi, les accidents les plus importants passent vraisemblablement dans les rivières Kéoungou et Moukélou ; leur rejet doit être surtout horizontal, et ils se combinent probablement à des structures analogues subméridiennes, axées sur la rivière Ramona.

Les figures 38 et 39 sont destinées à donner une idée de la forme du gîte, telle qu'elle ressort des travaux effectués. Il ne s'agit pas d'une masse continue ou homogène ; la zone dite minéralisée est celle où on voit le minéral à l'oeil nu dans les travaux, c'est-à-dire, pour fixer les idées, où la teneur moyenne du tout-venant serait supérieure à environ 2 pour cent.

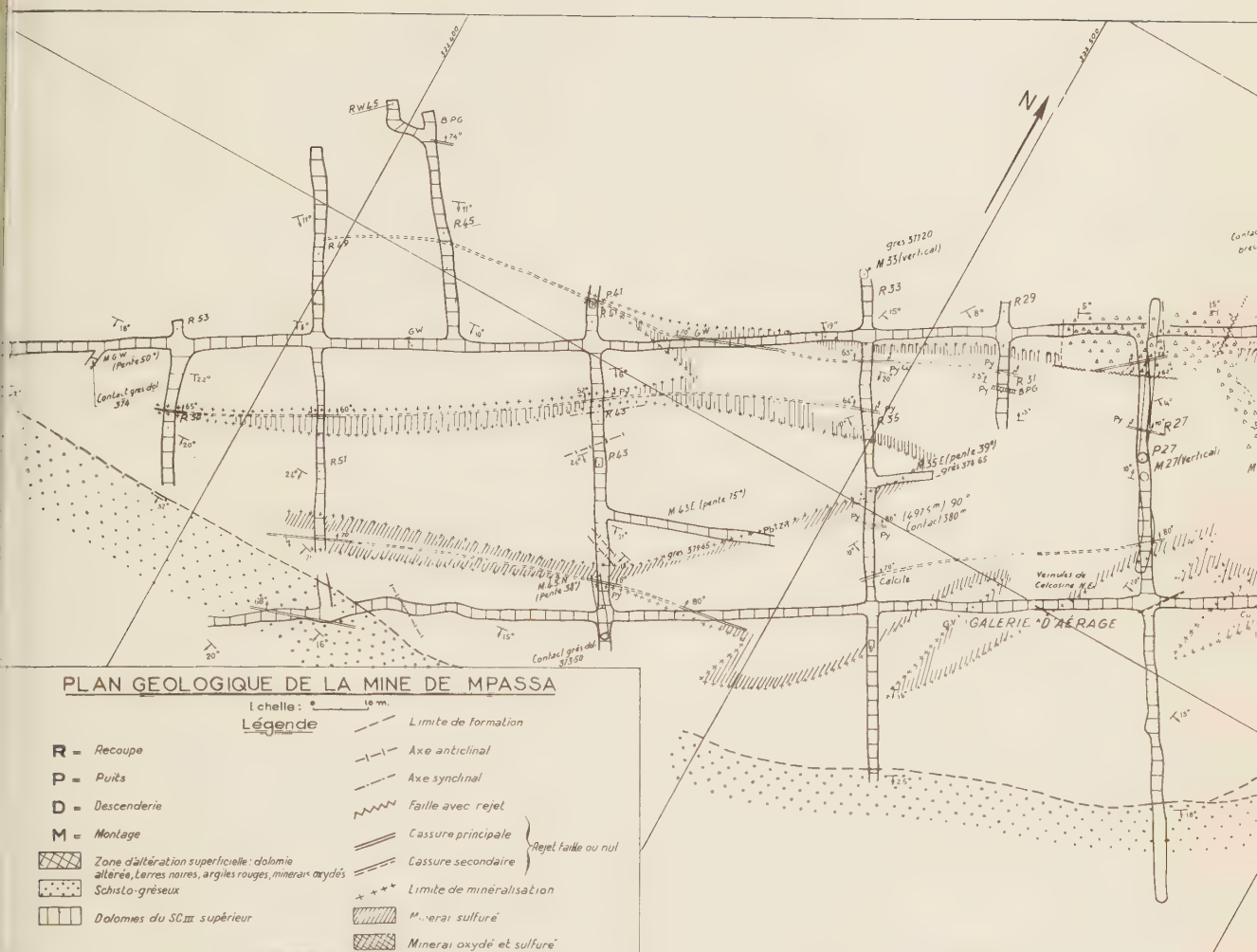


SITUATION DE LA MINE DE MPASSA

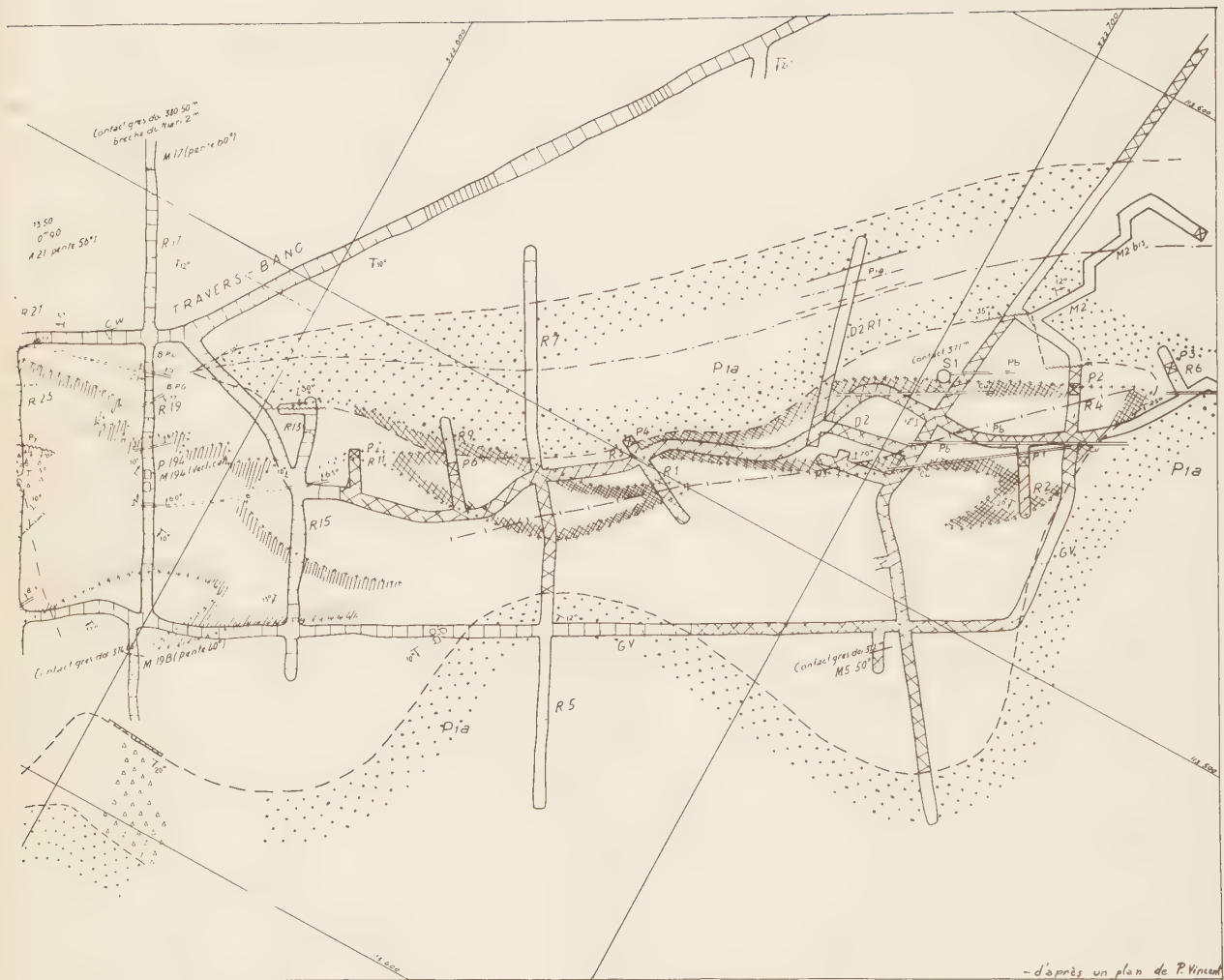
Echelle 1:10.000

- | | | | |
|--|------------------|--|---|
| | Rivière | | Contact schisto-gréseux
Schisto-calcaire |
| | Route | | Schisto-gréseux |
| | Piste | | |
| | Galerie minière | | |
| | Courbe de niveau | | |

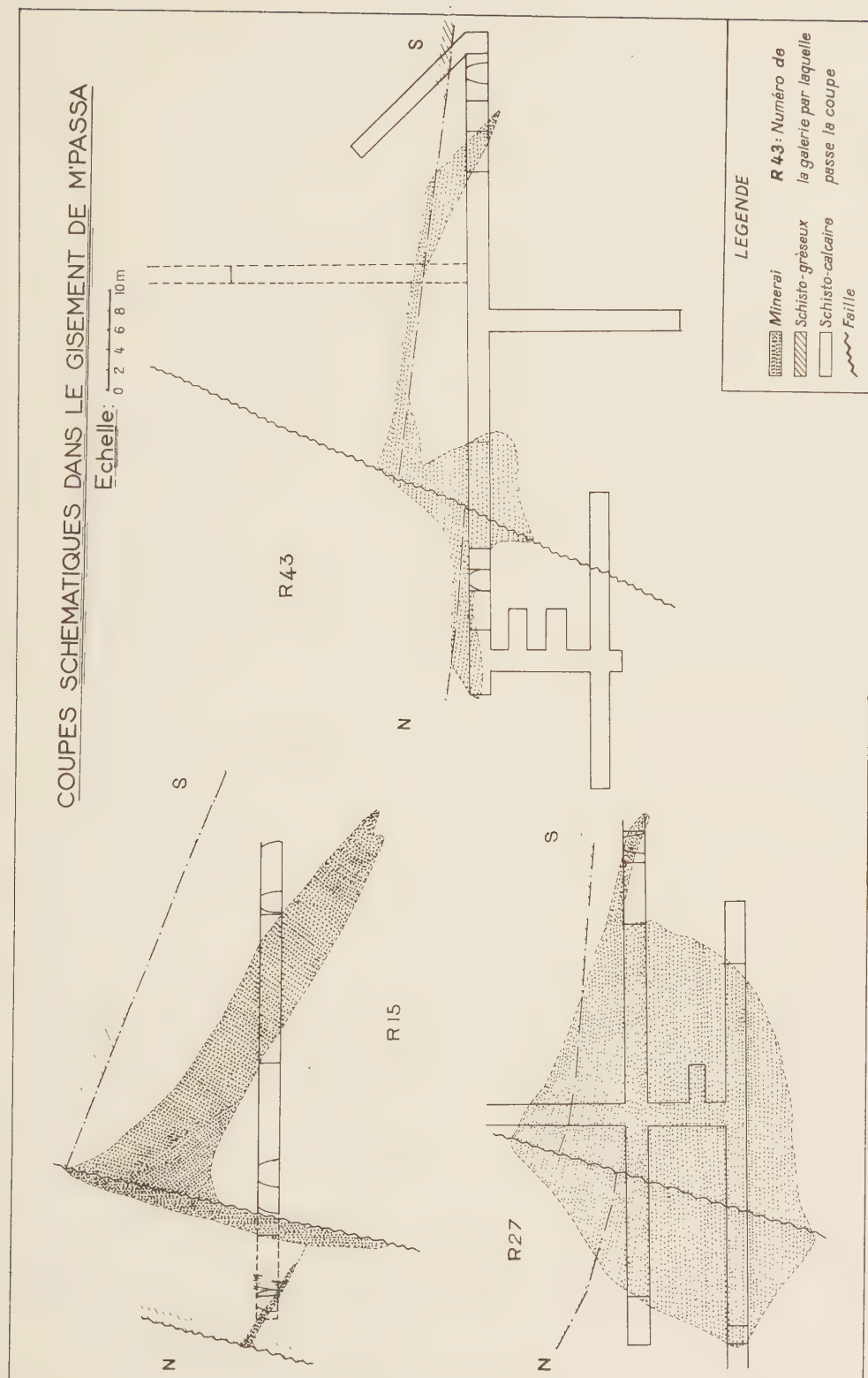
(d'après une carte de A. Carlier)



- Fig. 3



- d'après un plan de P. Vincent



- Fig. 39 -

La plupart des galeries se trouvent entre les cotes 367 et 370 m.

On voit immédiatement que le gîte se divise en deux parties : minéralisation sulfurée intacte à l'Ouest et zone oxydée et altérée à l'Est. Cette dernière n'est d'ailleurs plus accessible, les travaux, ouverts en 1932, étant aujourd'hui éboulés.

En examinant le plan géologique et les coupes, on se rend compte que l'ensemble de la zone minéralisée constitue une lentille allongée W.S.W. - E.N.E. de forme irrégulière, avec des apophyses étendues à peu près parallèlement.

La surface du contact avec le Schisto-gréseux présente des ondulations de même direction.

Comme nous le verrons plus loin, la minéralisation se concentre le long des failles, ou fractures, dans leur compartiment Sud (le mur). Ceci nous conduit à penser, par analogie avec le cas de Boko-Songo (et d'autres gîtes du Niari), que si l'accident comble principal passe au voisinage de la Kéoungou, il y a des chances de trouver du minerai dans les dolomies au Nord-Ouest des galeries actuelles ; certains sondages sembleraient confirmer ce fait (section 5).

Quoi qu'il en soit, on voit dans la mine une faille qu'ont traversée à peu près toutes les recoupes, entre les deux travers-bancs. Elle a un pendage Nord de 90 G, son rejet est normal, variable aux environs de 5 m. Elle est flanquée au Nord et au Sud de fractures secondaires parallèles, à rejet un peu plus faible. Dans le détail, ces directions principales participent d'un réseau compliqué de fractures mineures, plus ou moins continues.

Certains montages ont trouvé une légère minéralisation dans les grès sous-jacents, le long des fractures.

Du point de vue de sa nature, le minerai est essentiellement cuprifère. Au Nord, à l'extrémité de la recoupe 43, apparaissent le plomb et le zinc dominants (dans le rapport à peu près constant de 1 à 3), ce que confirment les sondages.

La minéralogie détaillée du gisement comprend à ce jour un grand nombre de minéraux découverts par les agents des divers organismes qui s'en sont occupés. La liste en est certainement encore incomplète, surtout en ce qui concerne les minéraux oxydés. Ce sont :

Sulfures.

Pyrite (Fe S_2) ; chalcopyrite (Cu Fe S_2), bornite ($\text{Cu}_5 \text{Fe S}_4$) ; tennantite ($3 \text{Cu}_2 \text{S, As}_2 \text{S}_3$) ; galène (Pb S) ; blende (Zn S). La galène est argentifère, la blende cadmifère et la pyrite peut être arsenicale.

Chalcocite (Cu_2S) ; néodigénite ($4 \text{ Cu}_2 \text{ S, Cu S}$), covellite (Cu S).

Arséniures.

Safflorite $[(\text{Co, Fe}) \text{ As}_2]$, löllingite $[(\text{Co, Fe, Ni}) \text{ As}_2]$

Sulfoarséniures.

Mispickel : (Fe As S)

Glaucodot : $[(\text{Co Fe}) \text{ As S}]$

Oxydes.

Cuprite (Cu_2O), ténorite (CuO) ; hydroxydes de fer.

Carbonates.

Malachite $[\text{Cu CO}_3, \text{Cu (O H)}_2]$, azurite $[2 \text{ Cu CO}_3, \text{Cu (O H)}_2]$; cérusite (Pb CO_3) ; smithsonite (Zn CO_3) ; sphérocobaltite (Co CO_3)

Sulfates.

Anglésite (Pb SO_4), chalcantite ($\text{Cu SO}_4, 5 \text{ H}_2 \text{ O}$) ; mélanterite ($\text{Fe SO}_4, 7 \text{ H}_2 \text{ O}$)

Arséniates.

Erythrite ($\text{Co}_3 \text{ As}_2 \text{ O}_8, 8 \text{ H}_2 \text{ O}$) ;

Leucochalcite $[\text{Cu}_3 \text{ As}_2 \text{ O}_8, \text{Cu (O H)}_2, 2 \text{ H}_2 \text{ O}]$; zeunérite $[\text{Cu (U O}_2)_2 \text{ As}_2 \text{ O}_8, 8 \text{ H}_2 \text{ O}]$

Phosphates.

Pyromorphite $\text{Pb}_4 [(\text{Pb, Cl}) (\text{P O}_4)_3]$; chalcocite $[\text{Cu (U O}_2)_2 (\text{PO}_4)_2, 8 \text{ H}_2 \text{ O}]$

Silicates.

Dioptase ($\text{H}_2 \text{ Cu Si O}_4$), chrysocolle ($\text{Cu Si O}_3, 2 \text{ H}_2 \text{ O}$), planchéite ($6 \text{ Cu O, 5 Si O}_2, 2 \text{ H}_2 \text{ O}$), willemite ($\text{Zn}_2 \text{ Si O}_4$), calamine ($\text{H}_2 \text{ Zn Si O}_5$)

b) Etude détaillée de la minéralisation.

Nous allons maintenant examiner de près la minéralisation dans une coupe du gisement passant par la recoupe R.27. Aux faits constatés là, nous en joindrons ensuite d'autres observés ailleurs, qui paraissent significatifs.

1) Coupe de la recoupe R.27 (voir page 165, fig. 40)

Les travaux situés sur cette coupe comprennent la recoupe elle-même, un puits et une petite galerie au pied de ce puits. La figure 40 en donne une image,

avec la localisation des échantillons étudiés. Du Sud au Nord, la recoupe traverse d'abord la brèche du Niari, puis une faille minéralisée (F_I), qui met cette dernière en contact avec les dolomies du SC III. Cet accident comprend une faille principale minéralisée, bordée au Nord par une fracture soulignée de mylonites.

Puis vers le Sud, on trouve une deuxième faille, nette, que recoupe plus bas la galerie située au pied du puits. On retrouvera aisément ces deux accidents sur le plan géologique de la mine. Nous allons examiner en détail comment s'agence la minéralisation à leur voisinage.

Pour cela, deux échantillonnages différents ont été fait : un échantillonnage sélectif des principaux éléments recoupés (numéros simples) et un échantillonnage systématique de la minéralisation de la faille F_2 (série "A" dans la recoupe 27 et série "B" dans la galerie au pied du puits).

Etudions ces échantillons :

N° 10

Il s'agit de la Brèche du Niari, avec son faciès habituel, à éléments assez petits (de l'ordre du cm) (voir 1ère partie, chap. II). On n'y voit pas trace de minerai sulfuré à cet endroit. En dehors de la mine, au pied de la chute de la rivière Kéoungou, la brèche est légèrement minéralisée en malachite ; pour moi, il s'agit d'une remise en mouvement récente.

N° 11

Même roche, mais la pyrite y apparaît en mouches. En plaque mince, on voit qu'il y a eu recristallisation des carbonates. Avec eux se trouve de la pyrite en petits grains ou en plages irrégulières ; l'une de celles-ci englobe de la calcite.

N° 12

Masse surtout pyriteuse, oxydée en surface. La section polie montre un agrégat de grains de pyrite, anisotrope, avec entre eux de fines veinules de chalcocite blanche orthorhombique et de blende. Aux forts grossissements, on trouve de la chalcoppyrite, de la bornite mauve, de la néodigénite et du quartz. Les attaques sous le microscope laissent supposer la présence de cuivre gris, sans que j'ai pu en acquérir la certitude.

Les grains de pyrite sont en général bordés d'un liseré de chalcoppyrite, ultérieurement transformée en bornite mauve, néodigénite et covellite. Les interstices entre les grains sont remplis de blende et de quartz avec bornite brune et chalcocite blanche subordonnées (voir photo n° 83, pl. XVII).

N° 13

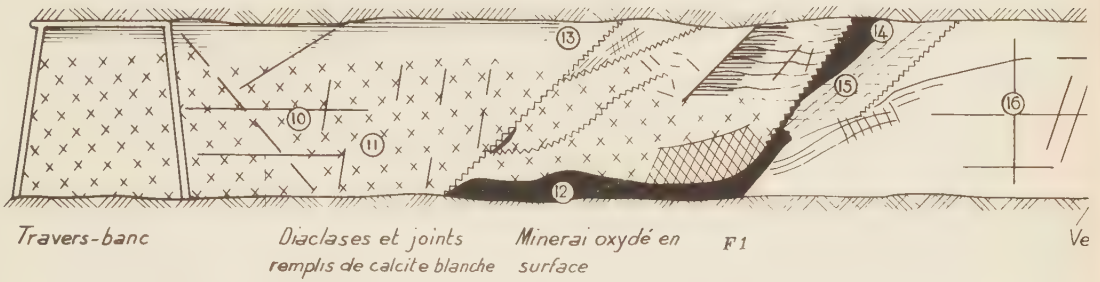
Schistes microgréseux, à passées bréchiques.

N° 14

C'est le remplissage sulfuré de la faille F_1 . On y trouve : pyrite, blende, galène, cuivre gris, un peu de chalcocite blanche orthorhombique et de la covellite, du quartz. La texture est confuse : la blende noie des plages granulaires de pyrite, des plages plus grandes de galène, et du quartz. Le cuivre gris, la chalcocite et la covellite sont disséminés dans la blende (voir photo n° 84, pl. XVII).

MINE CROQUIS DES PARE DE L

S



Légende



Schisto-gréseux



Brèche du Niari



SC III



Minerai



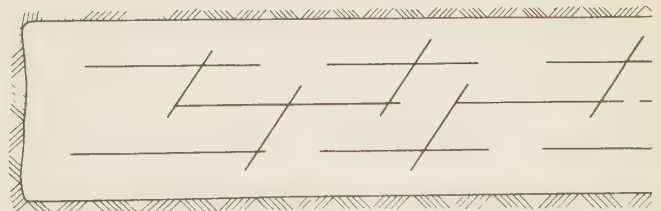
13

Numéro d'échantillon



Série d'échantillons
Prélevés systématiquement.

Direction des failles: 80° E



DE MPASSA

EMENTS OUEST DES TRAVAUX

A RECOUPE 27

N

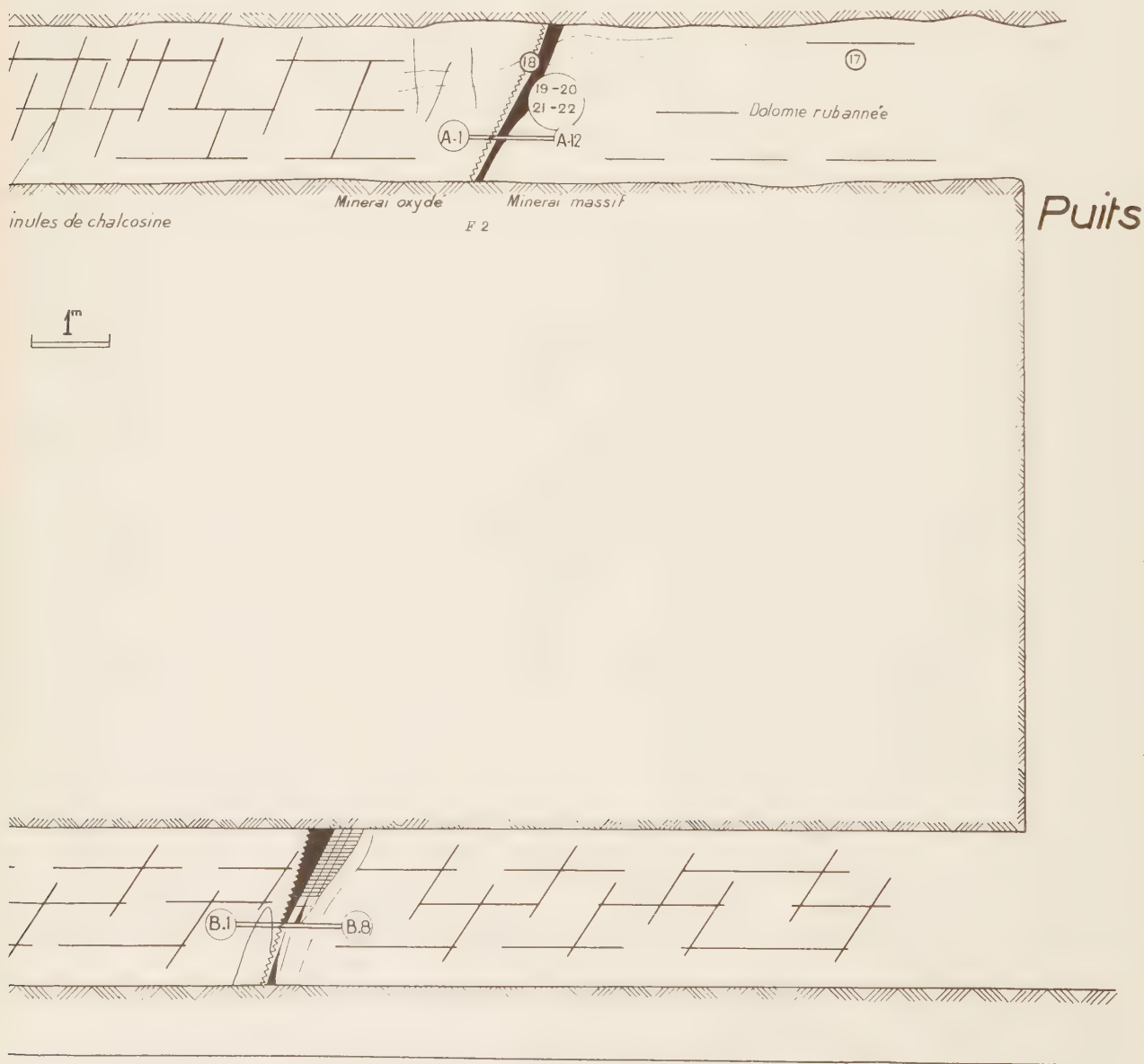


Fig. 40 -

N° 15

Le minerai est composé de morceaux de dolomie et de sulfures avec pyrite, blende, galène et leurs minéraux d'altération.

Une plaque mince dans un morceau de dolomie montre que celle-ci est recristallisée en de nombreux endroits. Là se trouvent les sulfures, en plages irrégulières.

N° 16

Filonnets de sulfures dans la dolomie, avec blende, galène et chalcoppyrite. En plaque mince, la dolomie est microcristalline, les fractures sont à bords nets, mais non correspondants. Il y a eu remplacement certain des épontes, confirmé par le développement de petites enclaves de sulfures dans la dolomie inaltérée.

N° 17

Dolomie à grains fins finement zonée stérile.

N° 18

Prélevé dans la partie oxydée, au toit de la faille F2. Mélange de pyrite et de quartz, en voie d'oxydation, traces de cuivre, radioactivité.

N° 19 - 20 - 21

C'est le remplissage sulfuré de F2. Il est formé d'une masse pyriteuse, recoupée de filets anastomosés avec blende, galène, cuivre gris, chalcocite, covellite, néodigénite, quartz, calcite, et un peu de malachite.

La pyrite est parfois mêlée de marcassite ; elle est remplacée par les autres sulfures. Dans la section n° 21, on trouve de la safflorite, en îlots déchiquetés dans la chalcocite.

La zone de la faille, ainsi que les échantillons qui y ont été prélevés sont nettement radioactifs. Au Laboratoire de Minéralogie du C.E.A., les échantillons ont été découpés en tranches, dont plusieurs ont été polies et exposées sur plaque photographique. La radioactivité se manifeste par des traces diversement groupées. Les zones correspondantes ont été examinées en section polie d'une manière approfondie, sans qu'il soit possible de trouver des minéraux uranifères définis aux points actifs ; ce sont toujours soit des trous dans la préparation, soit des plages de chalcocite.

Les photographies (n°85, 86 et 87, pl. XVII) montrent quelques impressions directes, grossies 80 fois, après exposition de 24 h. En supposant le minerai en équilibre radioactif, on pourrait calculer la teneur en U de chaque inclusion (R. COPPENS, 1949). Un tel calcul effectué sur une des préparations donne des teneurs très variables, entre 1 et 55 pour cent d'uranium pour une inclusion (éch. Mp.20). Mais le minerai n'est pas en équilibre radioactif. Une analyse spéciale faite sur les mêmes échantillons y trouve en effet, en curies :

$1,67 \cdot 10^{-10}$	uranium
$1,56 \cdot 10^{-9}$	radium

Il y a donc environ 10 fois plus de radium que d'uranium. Dans une substance en équilibre radioactif, les quantités de chaque terme d'une famille sont, en curies, à peu près égales. L'analyse précédente permet ainsi d'apprécier le déséquilibre du minerai étudié.

Des observations analogues ont été faites dans tous les minerais sulfurés radioactifs du bassin du Niari.

Série A1 à A12

Echantillonnage systématique tous les 30 cm en travers de la faille F2, dans R.27.

A1 montre une très caractéristique structure de remplacement sélectif (photo n° 88, pl. XVIII). Les lits siliceux sont minéralisés en sulfures, tandis que la dolomie cryptocristalline imperméable voit ses fractures complètement remplies. Une légère dissolution des parois doit pourtant avoir lieu, car de la dolomite se retrouve en grands cristaux dans les sulfures. Ces derniers se composent surtout de chalcocite, avec un peu de pyrite, de blende et de bornite ; en un endroit la pyrite est en cristaux automorphes dans la chalcocite ; du quartz blanc et de la calcite accompagnent les sulfures dans les fissures. Il y a une légère cémentation de la chalcocite en covellite et néodigénite.

A3 est une brèche à éléments de dolomie cryptocristalline zonée, cimentée de dolomie blanche en grands cristaux. Avec ceux-ci : pyrite, chalcocite, que remplacent covellite, azurite et malachite. De minces filonnets (moins de 1 mm) recoupent les morceaux de dolomie cryptocristalline ; ils sont remplis de dolomie et de chalcocite.

A4 laisse voir quelques mouches minuscules de pyrite ou de chalcocite dans la dolomie, quelquefois accompagnée de quartz, toujours au joint de deux lits dolomitiques différents.

A5 est une brèche de quartz et de dolomie, avec pyrite et chalcocite dans un dolomie zonée ferrugineuse, qui n'est pas remplacée.

A6 - A7 et A8 sont prélevés dans le remplissage sulfuré de la faille. On retrouve exactement les mêmes caractères que plus haut, avec en outre du cuivre gris, et une cémentation plus nette (covellite très abondante). (Voir photo n° 89, pl. XVIII). En particulier dans A7, la chalcocite blanche orthorhombique existe en petites plages déchiquetées dans le cuivre gris.

A9 montre de très fins filonnets de quartz avec plages de sulfures ou de dolomie. En plaque mince, aux forts grossissements, la paroi de ces filonnets est "attaquée" par le quartz.

Les autres échantillons n'apportent aucun autre fait d'observation.

Série B1 à B6

Ces échantillons correspondent à la série "A" et traversent la faille F2 10 m plus bas, dans la galerie de la base du puits 27.

B1 - Mouches de sulfures dans la dolomie.

En plaque mince, cette dernière présente des formes aliguaires. Les sulfures remplissent des menues fractures qui recoupent ces dernières, sans remplacement net de la gangue. En section polie, ce sont essentiellement de la pyrite et de la chalcocite blanche avec un peu de covellite, de malachite et de goethite.

B2 - Les sulfures se trouvent entre deux lits de dolomie ferrugineuse : chalcocite et pyrite.

B3 est complètement oxydé en cuprite, azurite et malachite (dans un ordre d'altération croissante). On y voit de petites plages résiduelles de pyrite, blende, chalcocite et covellite.

B4 comporte une grande plage de chalcocite remplaçant de la blende à curieuse structure "triangulaire" (voir photo n° 90 pl. XVIII), qui évoque un

remplacement de galène. Cette plage est en voie d'oxydation en cuprite, azurite, malachite et chrysocolle, à côté d'une plage de limonite avec goethite et hématite.

B6 contient du cuivre gris, reconnaissable macroscopiquement.

Signalons enfin que des recherches de tellure ont été faits sur les échantillons "A" et "B" (sensibilité 10^{-4}) ; leur résultat est négatif.

On voit donc sur cette coupe par R. 27 que la minéralisation se localise surtout le long des failles (F1 et F2), mais qu'elle existe aussi en dehors d'elles à leur voisinage dans les petites fractures qui les accompagnent, dans les joints de stratification, et aussi en mouches rares et disséminées dans la roche encaissante. Pour une faille donnée, le minerai est surtout concentré au mur.

2) Autres points intéressants.

- Les minéraux cobaltifères à M'Passa.

Au milieu de 1951, alors que la mine n'était pas encore accessible, j'ai retrouvé dans les haldes des morceaux de dolomie avec, outre les produits oxydés de cuivre, de l'érythrite. Dès l'ouverture de la mine en 1954, ce minéral a été retrouvé en place en divers endroits : les échantillons étudiés ici proviennent (voir fig. 38).

- du travers-banc principal (Nord) entre les recoupes 35 et 43 (échantillon Mp-9)

- de la galerie d'aérage (Sud), d'une part à 17 m à l'Est de la recoupe 43, (éch. C-9) d'autre part à 8 m à l'Ouest de la recoupe 21 (éch. E-1, E-2 et E-3).

On voit que le cobalt ne constitue pas un accident ; il est un élément normal du minerai, mineur en quantité certes, mais présent partout. Il importe d'en tenir compte dans les prévisions économiques.

Des plaques minces et des sections polies ont été taillées dans les divers échantillons ; une analyse chimique a été faite par A. BEHR du C.R.P.G. de Nancy. Voici les résultats acquis :

Echantillon Mp-9

L'analyse y décèle :	Cobalt	-	39, 30	pour cent
	Nickel	-	5,87	" "
	Cuivre	-	12,31	" "
	Fer	-	6,60	" "
	Soufre	-	21,53	" "
	Manganèse			traces
	Plomb	-		néant
	Zinc	-		néant

Total - 85,61 pour cent

des éléments dosés.

En section polie, l'échantillon est composé de glaucodot et de löllingite cobaltifère plus ou moins bien cristallisés, à structure concrétionnée. Cette dernière ménage des cavités, qui sont remplies de cuivre gris, avec plages de melnicovite. La löllingite est elle-même mélangée intimement avec de la melnicovite (cf. photo n° 91, pl. XVIII).

Echantillon C-9

Il s'agit d'un mélange de sulfure et de produits oxydés où il est difficile de reconnaître les divers minéraux. On y trouve essentiellement de la pyrite et des arséniures orthorhombiques de cobalt, altérés en érythrite et en sphéro-cobaltite.

Cet échantillon fait partie d'une série prélevée systématiquement en travers de la faille (à 18 m à l'Est de R.43, dans la galerie d'aérage). On y voit le même minerai que précédemment, avec aussi des points radioactifs.

Echantillon E1 - E2 - E3

Tous montrent une texture de remplacement typique (voir photo n° 93, pl. XVIII). Il s'agit de sulfures dans la dolomie, à la fois en remplissage de fractures et en remplacement de la roche encaissante.

On peut déterminer de la pyrite, quelquefois un peu anisotrope, de la marcassite, de la blende, un peu de bornite, de la chalcocite blanche (E2), avec quelques mouches de covellite et une légère oxydation en cuprite et malachite.

La pyrite et la marcassite affectent une texture curieuse (voir photo n°94, pl. XIX) : noyés dans la chalcocite, des éléments très allongés de marcassite sont groupés en paquets flexueux ; leur largeur peut aller du millième à quelques centièmes de millimètres. Les paquets dans leur ensemble ont des dimensions comparables à celles des plages des autres minéraux. Souvent on les voit passer à de la pyrite grenue homogène. Il s'agit d'une texture de remplacement de la pyrite par la marcassite, puis des deux par la chalcocite.

Le cobalt existe sous forme de plages déchiquetées de safflorite et peut-être de löllingite dans la chalcocite.

- Minéralisation dans les grès.

Au sommet du montage 43 Nord (dans la recoupe 43), la faille correspondant à l'échantillon C-9 décrit plus haut est recoupée dans des grès arkosiques. Ceux-ci sont minéralisés faiblement en mouches de sulfures disséminés dans la roche.

Des fractures en sont en outre remplies, qui sont par endroit plus ouvertes, avec sulfures plus massifs. Un échantillon (Mp-8) prélevé dans une telle zone donne lieu aux observations suivantes :

Mp-8 - On est en présence d'une brèche de grès arkosique pyriteux (faciès p_1 b) - Le ciment en est de sulfures massifs, à savoir :

pyrite, le plus souvent anisotrope, blende, galène, chalcoppyrite, cuivre gris, chalcocite blanche, néodigénite, bornite mauve (voir photo n° 95, 96, 97, pl. XIX).

Autour de certains morceaux de la brèche, on peut observer une succession zonée avec d'abord de la pyrite anisotrope à peine remplacée, puis de plus en plus attaquée par la chalcoppyrite, la galène ou la blende ; ensuite, ces derniers minéraux avec leurs produits de cémentation, enfin la chalcocite blanche.

On voit qu'en dehors du cobalt, qui n'a pas été observé là, la minéralisation est la même que dans les dolomies.

- Echantillon ramassé sur le carreau de la mine.

De nombreux exemplaires de cette provenance ont été étudiés avant la réouverture de la mine. Ils ne nous apprennent rien de plus que les échantillons en place , sauf l'échantillon C.E.A. - 303 , dans lequel au Laboratoire de Châtillon, R. COULOMB et J. GEFFROY ont trouvé une masse essentiellement formée de chalcocite bleue et de covellite, avec mouches de pyrite, chalcoppyrite et bornite, traversée par une mince veinule de produits jaunes, uranifères. Ces derniers sont des silicates qu'on peut rapporter, chimiquement, à la gummite, mais qui ne présente pas de structure pseudomorphique de pechblende (C. GUILLEMIN). De plus, par impression sur la plaque photographique, outre la trace de la veinule, on peut observer de nombreux points, correspondant à une activité plus intense, disséminés dans la chalcocite.

Dans l'échantillon C.E.A. - 108 on observe, outre les minéraux habituels du minerai, une bornite brune, nettement différente en lumière naturelle de celles qui ont été décrites précédemment.

T.99

Des arséniures orthorhombiques de cobalt en minuscules plages déchiquetées sont noyés dans une masse de cuivre gris. Il s'agit probablement de safflorite.

T.83

Dans cet échantillon, surtout cuprifère, la chalcocite blanche orthorhombique et le cuivre gris sont intimement mélangés, la chalcocite formant des plages déchiquetées dans le cuivre gris.

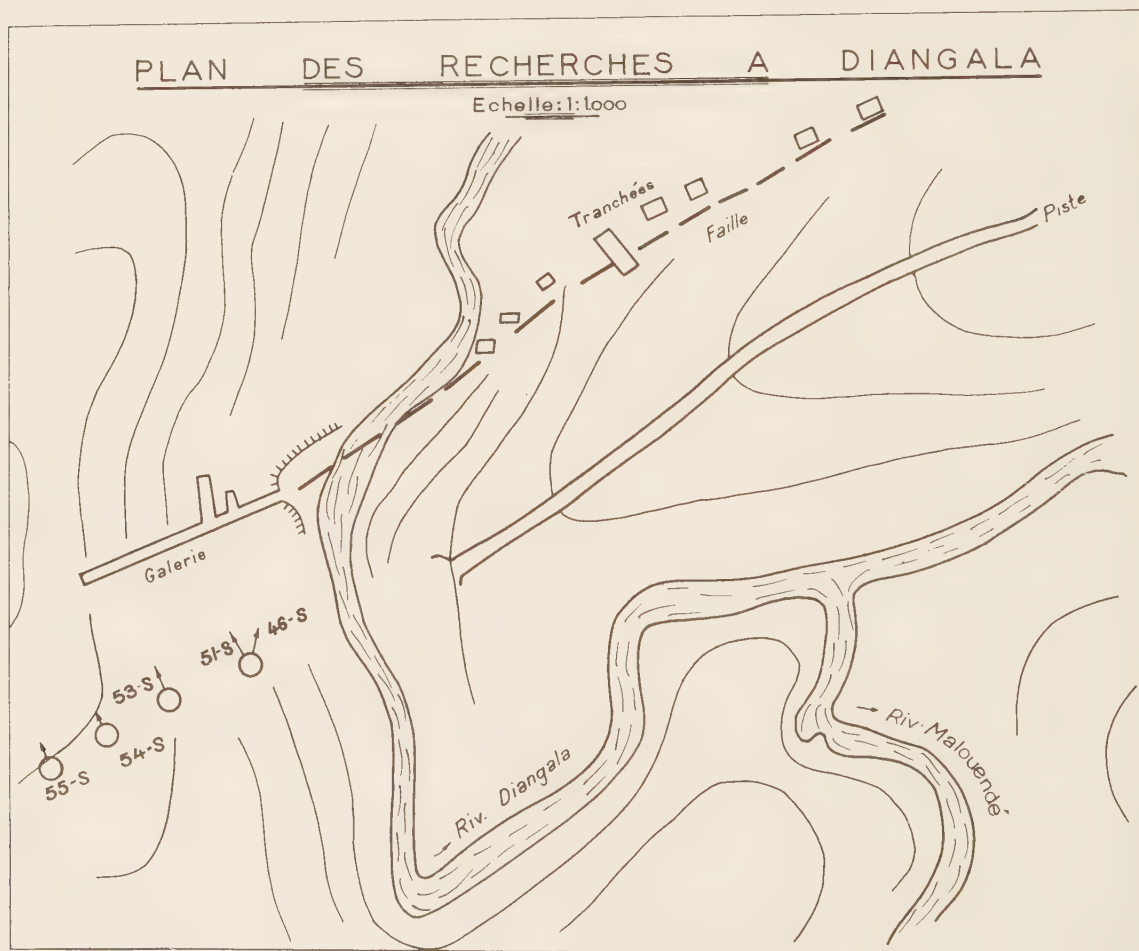
3°) Recherches de DIANGALA.

a) Situation et géologie.

Cet indice a été trouvé dans le haut cours de la rivière Diangala par MM. CARLIER et GRIFFIS ; le C.E.A., y a exécuté 28 tranchées, une galerie de 63 m et 6 sondages totalisant 391 m, tandis que les sociétés E M A C.- SOMINIA y ont foré trois trous.

On trouvera l'emplacement du gîte sur la carte au 1/200 000 de la page 139 (fig. 33).

Le plan ci-dessous (fig. 41) donne une idée de sa localisation précise, en même temps que celle des travaux effectués.



- Fig. 41 -

La plupart des faits que je vais citer, excepté les études micrographiques, sont extraits d'un rapport C.E.A., de J. HINAULT (1953-b).

Les terrains encaissants sont composés des grès arkosiques de l'Inkisi, subdivision supérieure du Schisto-gréseux. Dans cette zone, ceux-ci reposent en transgression nette sur les schistes argileux et les grès du M'Pioka, qu'il ravinent. Selon les coupes locales, la puissance du M'Pioka peut varier ici de 150 à 400 m. A leur base, les grès de l'Inkisi comprennent un conglomérat à galets de quartz roulés plus ou moins dispersés. Ils sont dans ce secteur subhorizontaux et couronnent les crêtes. Ce sont des grès arkosiques, à grain moyen assez variable, à stratification entrecroisée, de teinte gris-mauve à violacée.

Ces couches détritiques sont affectées de failles diverses combiennes ou subméridiennes, dont plusieurs sont minéralisées. Nous n'étudierons ici que celle de la galerie de Diangala, la mieux connue.

b) Forme de la minéralisation.

En examinant le plan précédent, on voit que la faille a été reconnue par la galerie sur 60 m au niveau 560 m, puis par les sondages 30 m plus bas environ. Par chaque sondage, on peut faire passer une coupe perpendiculaire à la faille, dont on trouvera un exemple ci-contre, par le sondage 51 (Fig. 42). On peut y constater les faits suivants : la minéralisation est liée aux fractures, dont elle ne s'écarte guère. Des recoupes perpendiculaires à la galerie ont montré que, même dans les zones les plus riches, la minéralisation disparaissait à quelques mètres de la faille. C'est à son voisinage immédiat qu'elle est le plus concentré.

Par ailleurs, dans le plan de l'accident lui-même, elle affecte une distribution lenticulaire irrégulière que confirment les tranchées de surface, mais dont l'ensemble des travaux effectués ne permet pas de déterminer la cause. Enfin, la minéralisation se trouve toujours au mur de la faille, ici dans son compartiment Nord.

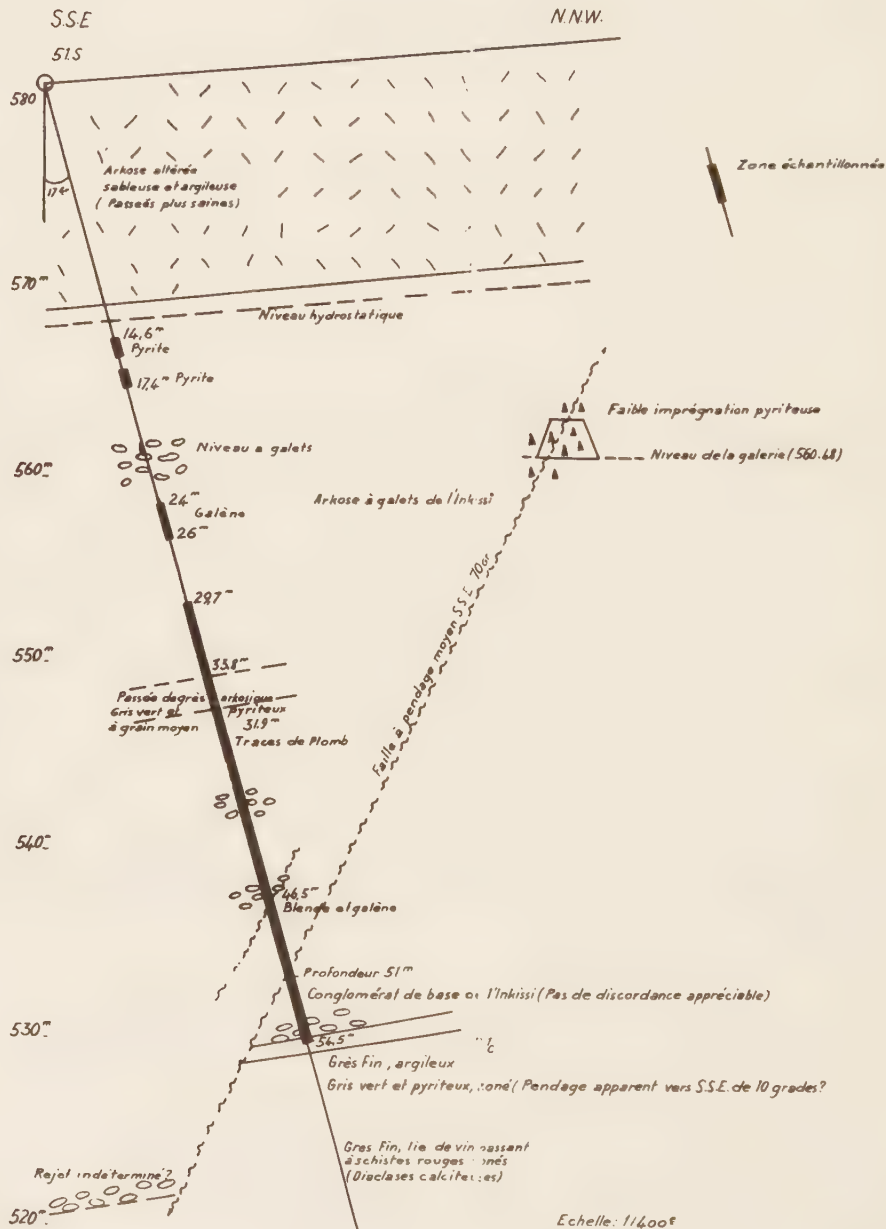
En somme, on retrouve, à une échelle un peu réduite, les principaux caractères de la localisation du minerai sur la faille de Boko-Songo.

Dans le détail, la minéralisation de la galerie varie de 0 à 4 m de puissance. Le plan de faille est marqué tantôt par une zone broyée argileuse et bréchique ayant jusqu'à 0,50 m de puissance, tantôt par une mince cassure argileuse. Le grès arkosique du mur est très dur, paraissant silicifié, celui du toit plus tendre et plus diaclasé. Certaines inflexions de diaclases semblent indiquer un rejet subvertical et direct pour la faille, sur laquelle se branchent des cassures secondaires subméridiennes minéralisées.

CEA-AEF

SECTEUR DE NZALA-DIANGALA

COUPE DU SONDAGE 51S SITUÉ DANS UN PLAN N.N.W.
VERTICAL PERPENDICULAIRE A LA FAILLE DE LA GALERIE



(d'après J. MINAULT)

- Fig. 42 -

c) Nature de la minéralisation.

Une dizaine de sections polies et de lames minces ont été taillées dans le minerai. Les échantillons que je décris ci-dessous ont été prélevés dans la galerie le long du plan de faille, à des distances de ce plan variant entre 0,10 m et 1 m. Ils sont classés en partant de l'entrée de la galerie. On a donc d'abord des produits oxydés, puis le minerai sulfuré.

Di - 1

Mélange de sulfures très altérés avec en surface un enduit noir mat pulvérulent, qui s'est révélé être formé essentiellement de covellite très fine altérée, pyrite, chalcopryrite, blende et galène.

Di - 2

Grès minéralisé en sulfures en voie d'altération. En plaque mince, le grès est composé de quartz avec quelques feldspaths et micas très altérés. Les grains de quartz montrent une extinction onduleuse d'origine mécanique. Les sulfures se trouvent entre les grains, dont ils ont remplacé le ciment (s'il existait). On note même un remplacement possible du quartz (voir photo n° 98, pl. XIX).

Di - 4

Mélange similaire à Di - 1, en outre pyromorphite et plumbojarosite.

Di - 5

Comme Di - 1 avec malachite, cérusite et kasolite en tout petits cristaux fibro-radiés.

Di - 7 - idem -

En outre : cuprite, malachite et linarite (sulfate plombo-cuprifère hydraté).

Di - 8

Chalcolite, malachite, cérusite, kasolite et parsonsite.

Di - 10

Galène dans grès altéré. En plaque mince, celui-ci montre la même composition que Di - 2 avec association microperthitique du quartz et de l'albite, et quelques cristaux de tourmaline.

Di - 11

idem à Di - 1 avec dans les minéraux d'altération un silicate calcique de plomb vert de la série des ganomalites.

Di - 12

Blende, galène, chalcocite, covellite. Echantillon nettement radioactif, avec uranium positif par voie chimique. Au compteur, il y a un excès de rayonnement β , par rapport aux proportions normales pour uranium. A l'impression directe sur plaque, on observe d'une part des centres très actifs, vraisemblablement radifères, de l'autre des plages à activité diffuse, plus faible que celle de la pechblende.

Di - 13

Galène, blende, pyrite, cuivre gris, chalcocite, covellite, malachite.

La blende est claire, sans inclusions. L'échantillon est radioactif : fond continu à la plaque Ilford.

Di - 15

En plus des minéraux déjà cités : beudantite (sulfoarséniate plombo-ferrique). Les sulfures comportent blende et chalcocite orthorhombique, avec cuprite dans les fissures. Le grès arkosique encaissant est totalement mylonitisé.

Di - 16

Veinules de chalcocite bleue altérée en malachite dans arkose grossière.

Di - 17 et Di - 18

Beau filon de sulfures dans l'arkose. Les sulfures comprennent blende, galène, pyrite, chalcocite, covellite ; ils sont altérés en pyromorphite, cérusite, malachite et planchéite. Un morceau d'arkose se trouve à l'intérieur de la masse sulfurée (cf. photo n° 100, pl. XX).

Di - 19

idem au précédent. La lame mince montre, en outre, que le quartz de l'arkose n'est pas recristallisé.

Di - 20

Ici par contre, les quartz sont légèrement "nourris". Les sulfures peuvent occuper le centre d'un cristal de quartz à extinction onduleuse (cf. photo n° 99 , XIX).

Di - 21 et Di - 22

Belle minéralisation sulfurée, comparable aux précédentes, en veinules et imprégnation dans les grès. La galène contient du cuivre gris en quantité assez notable (cf. photo n° 100, pl. XX). En plaque mince, on peut voir que les sulfures remplissent des interstices entre les grains, sans qu'on puisse apprécier s'ils remplacent ou non un ciment ; quelques feldspaths subissent un début de remplacement (cf. photo n° 102, pl. XX).

Des analyses faites au C.E.A., ont montré la présence d'uranium, par voie chimique, et de traces de cobalt.

Une radioprospection β et γ des travaux miniers a permis de constater à grande échelle le déséquilibre de la minéralisation radioactive, que révélait déjà l'échantillon Di - 12. En effet, le rapport des activités $\frac{\beta}{\gamma + \beta}$ n'est pas constant, et peut varier entre 1/2 et 3/4, surtout dans les zones les plus actives.

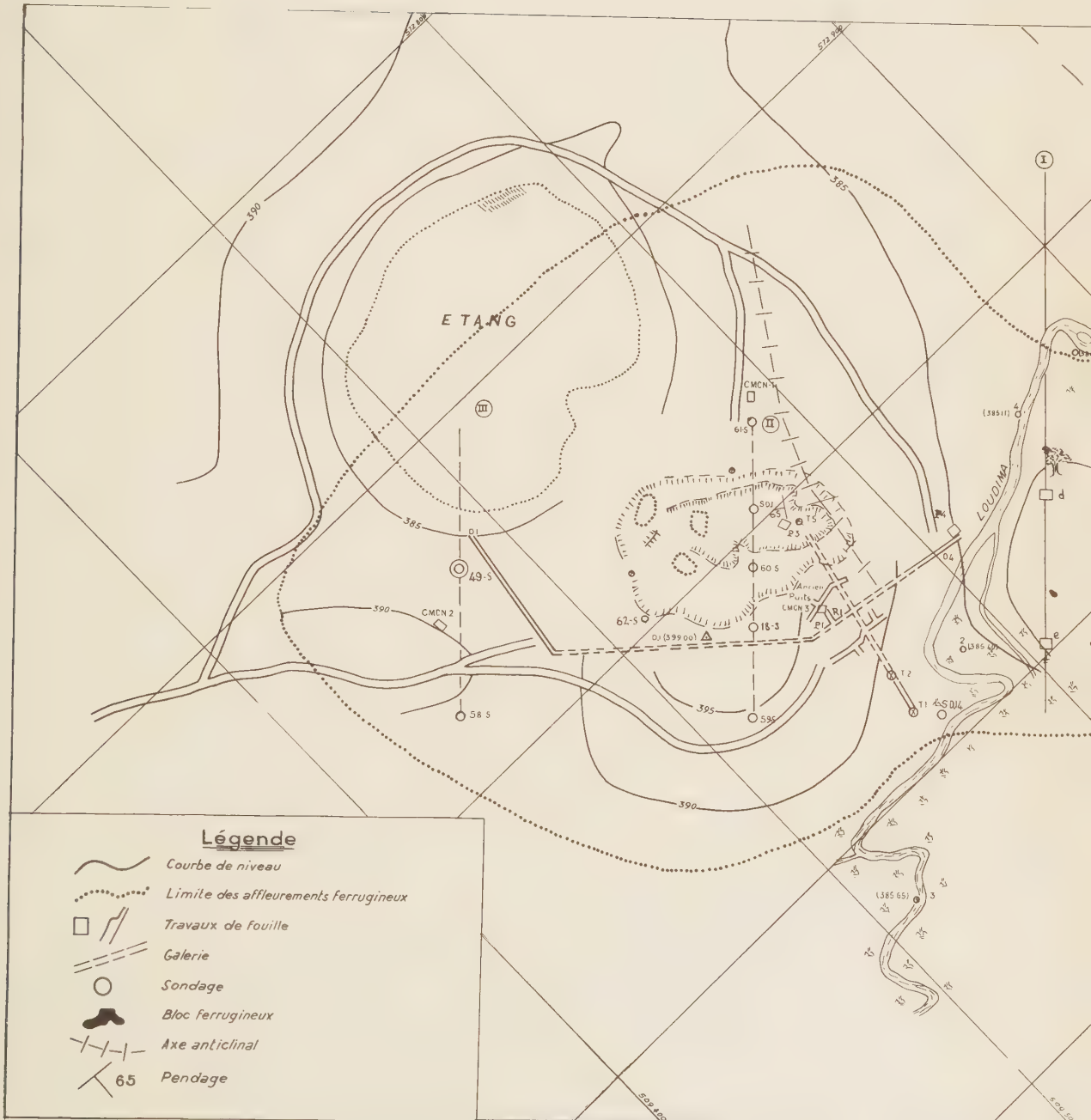
En résumé, la minéralisation de Diangala ressemble fort à celle de M'Passa, malgré la nature tout à fait différente des roches encaissantes.

4°) Le gisement de DJENGUILLE.

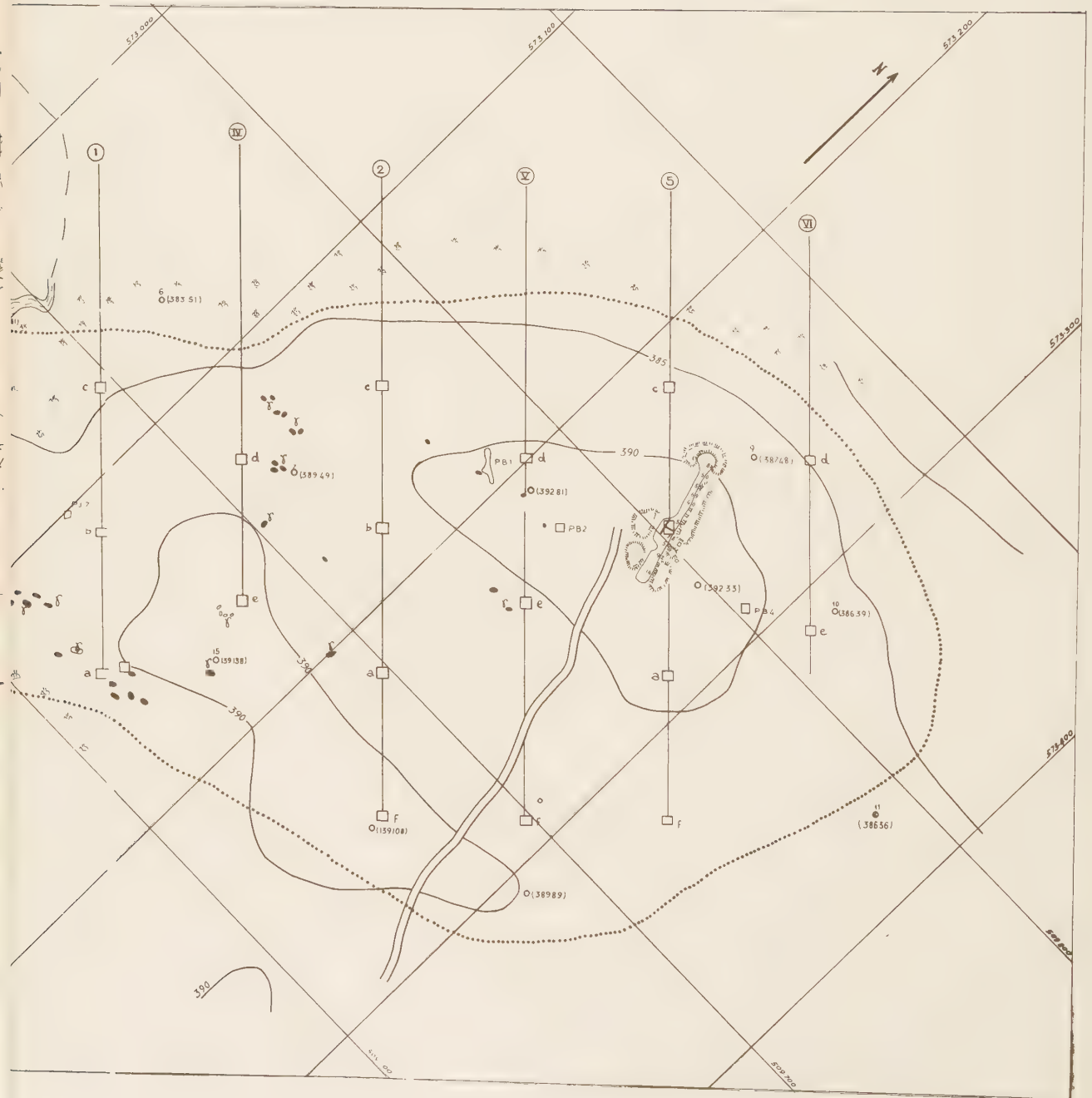
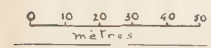
Ce gîte est situé à l'Est de la Cuvette de Boko-Songo, sur le cours de la Loussimba (cf. fig. 30, page 129). Encaissé dans le SC III supérieur, il présente

TRAVAUX SUR LE GIS

Echelle :



EMENT DE DJENGUILE



des analogie avec la Grande-Mine, en particulier la présence d'un grand chapeau de fer. L'importance des travaux effectués sur ce dernier me conduisent à l'étudier d'une manière un peu détaillée pour compléter les données acquises sur les exemples précédents.

a) Description des affleurements de surface (cf. fig. 43, ci-contre)

Ils se présentent d'abord sous forme d'un tumulus circulaire rougeâtre, creusé dans sa moitié Ouest d'une excavation irrégulière atteignant 80 m de diamètre. Le sommet en est à 16 m au-dessus des environs, où on remarque à l'Est la rivière Loussimba, à l'Ouest l'étang de Djenguilé. L'excavation est, comme à la Grande-Mine, le témoin d'importants travaux indigènes anciens, et tout le site recèle des traces de ces activités (on y trouve même des pierres taillées abondantes).

Peu à peu, les recherches ont mis en évidence d'autres affleurements ferrugineux tout autour du tumulus ; ce sont d'une part l'extension vers l'Est du chapeau de fer, dont l'ensemble affecte ainsi un allongement "combien", de l'autre des affleurements dispersés que je ne décrirai pas ici.

En surface, on voit surtout des roches ferrugineuses qu'on peut classer en deux catégories principales :

- les unes sont des roches cohérentes très dures, brun-noir à rouge foncé, de structure tantôt massive, tantôt cellulaire et scoriacée ;
- les autres sont des terres brun-rouges, ocres ou violacées, pulvérulentes.

J'ai longuement étudié ces matériaux ferrugineux dans l'espoir d'y trouver des indications utiles pour la prospection. Faute de temps, de moyens appropriés, je n'ai pu aboutir ; quelques résultats partiels sont acquis pourtant. En surface, on constate :

- au point de vue couleur, il y a lieu de distinguer les ensembles rouge-brangé et jaune des ensembles brun-chocolat à brun-violacé. Les seconds apparaissent en îlots dans les premiers, qui sont beaucoup plus importants. La littérature spécialisée permet d'interpréter ces limonites comme dérivant d'un minerai sulfuré surtout pyriteux (couleurs jaunes et rouges) avec lentilles incluses de sulfures de cuivre (couleurs brunes). L'abondance des limonites irisées confirme en outre celle de la pyrite (R. BLANCHARD et P. BOSHVELL, 1925 à 1935).

- On trouve des structures résiduelles ("boxworks") caractéristiques de l'oxydation in situ de chalcoppyrite, galène et chalcocite. Certaines structures en éponge pourraient se rapporter à la blende. A Djenguilé, il ne faut pas confondre ces structures caractéristiques avec certaines autres qui sont formées du remplissage siliceux cloisonné de fractures dans une roche carbonatée, aujourd'hui dissoute.

- La plupart de ces matériaux ferrugineux sont radioactifs, en particulier certains blocs massifs brun-violacé foncé et des terres brun-violacé, dites "terres violettes".

- Dans les cavités des blocs ferrugineux, ou en filonnets, ou simplement mêlés aux terres, on trouve beaucoup de minéraux oxydés de cuivre, plomb et zinc ; certains blocs massifs recèlent encore des sulfures non altérés. Voici la liste des minéraux identifiés avec certitude :

Chalcopyrite	Chalcocite	Cuprite	Malachite (Mélaconite)
Bornite	Covellite	Tenorite	Azurite
		Cuivre natif	Diopside ?
Galène		Pyromorphite	Cérousite
		Mimétite	Anglésite
		Beudantite	
		Plombo-jarosite	
Blende		Calamine	Smithsonite
Pyrite	Marcassite	Oligiste	Goethite
			Lépidocrosite
			"Limonites"

Soufre, Quartz, Calcite.

- Etude de quelques échantillons prélevés en surface :

CF.1

Prélevé au fond de la grande fosse. Cet échantillon massif montre d'abondantes exsudations de beudantite (2 PbO , $3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$, 2 SO_3 , As_2O_3 , $6 \text{ H}_2\text{O}$) vert-sombre ou vert-brunâtre, où on peut facilement mettre l'arsenic en évidence par voie sèche.

C'est avec la mimétite, le seul composé arsénié de la zone d'oxydation.

A M'Passa, rappelons que nous avons l'érythrite. Des traces de malachite et de cérousite apparaissent aussi sur l'échantillon.

T. 61

Ramassé à l'extrémité Est du chapeau de fer, cet échantillon montre de très beaux "boxworks" triangulaires de bornite (cf. photo n° 103, pl. XX).

b) Description des travaux de fouille (à l'exception des galeries).
Nous distinguerons deux zones :

1) Colline et étang, à l'Ouest de la Loussimba.

- Fouilles au fond de l'étang.

A la fin de la saison sèche 1949, 22 puits de 1 m de profondeur ont été ouverts au fond de l'étang, à sec à cette époque. Tous ont montré une couche blanche siliceuse ; une barre à mine enfoncée à 1 m ne rencontre aucune roche

Dure. La dépression de l'étang est partiellement comblée par des dépôts alluviaux des pentes environnantes ; je ne pense pas qu'il y ait lieu d'y attacher de l'importance au point de vue métallogénique.

- Puits C.M.C.N. (forés par J. PARES en 1932).

C.M.C.N. 1 - traverse des terres ferrugineuses et atteint vers 10 m une couche siliceuse pulvérulente blanche.

C.M.C.N. 2 - terres ferrugineuses et blocs radioactifs.

C.M.C.N. 3 - repris par le C.E.A. (voir puits P.3).

- Puits C.E.A.

Puits P1 - terres et blocs ferrugineux minéralisés en cuivre, plomb et zinc. A partir de 5 m, terres violettes radioactives ; leur teneur en uranium-métal n'est pas négligeable, mais il n'a pas été possible de mettre en évidence sa forme minéralogique.

L'échantillon T.26 montre essentiellement de la chalcocite orthorhombique moulant des cristaux de pyrite, plus ou moins altérée en goethite. On voit aussi un peu de bornite violette, de covellite, de néodigénite, de limonite et de malachite. Du quartz automorphe et des résidus dolomitiques complètent la description.

Puits P3

A partir de 5 m, après les terres oxydées, on trouve un mélange de sulfures de plomb et de cuivre et de leurs produits d'oxydation.

De cette zone proviennent les échantillons suivants :

T1

Masse de limonite, avec quelques plages de goethite et de nombreux petits cristaux de cuprite en voie d'altération en ténorite et en malachite. La plaque mince révèle de rares résidus de carbonate.

T3 et T59

Galène et cérusite.

La galène est en grands cristaux allongés, avec quelques inclusions de blende, qui contient elle-même un peu de galène et de chalcopyrite.

Un peu de quartz contient quelques inclusions de bornite. La marcassite et des limonites remplissent des fissures de la galène, avec des enduits de plombo-jarosite. Le soufre natif est abondant au contact de la galène, ainsi que l'anglésite.

Veinules de covellite, cuprite et malachite.

T.34

Magnifique section polie où on voit essentiellement la chalcopyrite à structure lamellaire grossière et du cuivre gris, remplacés par de la bornite et de la néodigénite (cf. photo n° 104, pl. XXI). La bornite peut être aussi bien marron que mauve et le long d'une même fissure, on passe de l'une à l'autre. Bornite et néodigénite forment un écheveau maillé dont les veinules entourent les plages de chalcopyrite. Des cristaux résiduels de pyrite très légèrement

anisotrope sont disséminés dans la section. Il s'agit d'un minerai de cémentation typique.

Puits P4 - Argiles et sables peu minéralisés.

2) Extension de Djenguilé vers l'Est (rive droite de la Loussimba).

Toute une série de petits puits à main, disposés en quinconce, ont été pratiqués sur cette partie du chapeau de fer. Leur profondeur varie de 1 à 9 m. Sans entrer dans le détail des observations faites, il faut signaler que les matériaux sortis comprenaient :

- des terres violettes radioactives,
- des blocs ferrugineux radioactifs bruns,
- des terres et blocs rougeâtres non radioactifs.

La teneur en uranium des deux premiers matériaux était faible et on n'a pu y découvrir sa forme minéralogique.

Les terres violettes forment une lentille irrégulière entre 3 et 8 m de profondeur, aux environs des puits (IV-e) et (4-a). Les blocs sont particulièrement abondants en profondeur dans les zones où ils le sont en surface (cf. fig. 43, page 177), c'est-à-dire au voisinage des puits (IV-c) et (1-a). Ces zones permettent de situer approximativement l'emplacement du minerai (autre que la pyrite), qui a été oxydé.

c) Description des galeries.

Le plan montre qu'elles sont toutes situées sur la rive gauche de la Loussimba dans le tumulus principal. Leur objectif essentiel était une reconnaissance des "terres violettes".

1) Galerie D1 - D4 et recoupe R1 (qui débouchait dans le puits P3).

Les deux extrémités de la galerie traversent des terres rouges remaniées. La partie centrale permet d'intéressantes observations (cf. fig. 44 ci-après). De l'Ouest vers le Nord (ou de D1 vers D4), car la galerie tourne, on rencontre d'abord une couche de malachite massive associée à de la silice pulvérulente blanche, puis de la terre rouge, puis à nouveau une masse de malachite, cérusite et silice, qui affecte une forme en coupole. Plus loin, reprennent les terres rouges avec encore de la malachite en un point, puis une zone de terres violettes avec des rognons de chalcocite massive. L'ensemble présente une grossière stratification "en coupoles emboîtées", dont la malachite formerait le coeur.

Etudions quelques échantillons prélevés sur ces différentes formations.



- Fig. 44 -

T4 provient de la zone à malachite. Celle-ci se présente en beaux rognons fibro-radiés développés sur un cloisonnement siliceux. Celui-ci est un faux boxwork, constitué par le remplissage siliceux de minces fractures dans une roche carbonatée, aujourd'hui dissoute (cf. photo n° 105, pl. XXI).

T6 est de la silice pulvérulente ; en plaque mince, on voit un agrégat de très petits cristaux de quartz recimentés en certains points par du quartz en plages informes.

T58 est un rognon de chalcocite, trouvé dans les terres violettes de la recoupe R1. Il se trouvait dans la terre, enveloppé d'une couche peu épaisse d'azurite et de malachite ; la terre était légèrement tassée au-dessous. Indubitablement en place, ces rognons confirment l'idée que les terres violettes dérivent d'un minerai à chalcocite ; les rognons se sont conservés parce que leur masse homogène s'oxydait moins vite. Ils sont à rapprocher des rognons de chalcocite de la mine de Mindouli.

DR-1 et CF-5 sont des échantillons de terres violettes provenant de la recoupe R1 et de la galerie T1 - T3. C'est une terre brun-violacée lorsqu'elle est humide, plus rougeâtre lorsqu'elle est sèche. Elle tache les doigts. Granulométriquement, il faut y distinguer une fraction grenue avec quartz, grains d'oxydes de fer et quelques sulfures ou oxydes de plomb, et une fraction très fine et plus abondante, essentiellement ferrugineuses.

Ces terres ont été longuement étudiées par R. COULOMB, au Laboratoire de Minéralogie du C.E.A. Les faits suivants sont acquis :

- elles contiennent de l'uranium en faible quantité, il y a peu ou pas de thorium,
- cet uranium est uniformément réparti dans la masse, sauf quelques inclusions à concentration un peu plus forte (plaques Ilford, R. COPPENS),
- la teneur moyenne reste inférieure au millième.

D'autres études ont ensuite été confiées à M. BONIFAS :

Analyse chimique (à laquelle nous joignons celle d'un échantillon de terres violettes du puits IV-e, rive droite de la Loussimba).

	: DR - 1	: CF - 5	: IV - e (44)
Eau de constitution	: 6,5	: 7,9	: 7,1
Silice totale	: 6,25	: 5,1	: 2,2
Fe ₂ O ₃	: 57,2	: 73,8	: 78,5
Al ₂ O ₃	: 2,8	: 12	: 3
Ti O ₂	: 0,1	: 0	: 0,2
Mn O ₂	: 0,1	: 0,1	: 0,1
Pb O	: 21	: 1	: 7
	:	:	:

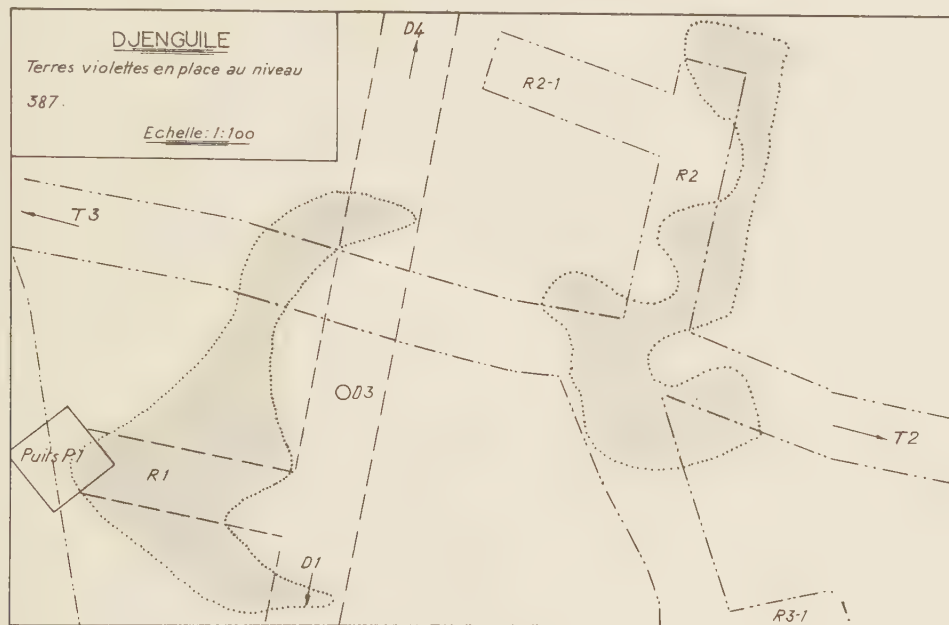
Il n'y a ni cuivre, ni acide carbonique et très peu d'argile, d'ailleurs indéterminable.

Ultérieurement ont été tentés des essais de séparation ménagée des oxydes de fer par la méthode HANISSET-WAEGEMANS (1949). Il a été impossible d'éliminer complètement le fer. Pourtant des fractions nettement appauvries en fer ont pu être obtenues. L'essai au compteur montre que la radioactivité de ces fractions reste semblable à celle de l'échantillon primitif ; les hydroxydes de fer extraits sont au contraire inactifs.

Les problèmes posés par ces terres se rangent parmi ceux que soulèvent les chapeaux de fer ; j'en dirai quelques mots plus loin (page 199).

2) Galeries et recoups T1 - T3

Elles ont été ouvertes pour reconnaître l'amas de terres violettes dont la figure 45 ci-après, donne un plan au niveau 387.



- Fig. 45 -

Outre les terres violettes, de nombreux blocs ferrugineux massifs ont été extraits. Quelques-uns sont uranifères ; ils ont en général un aspect très massif et une couleur brun-chocolat foncée. Différentes terres de couleurs diverses et bariolées, dans les jaunes, rouges et bruns, ont été recoupées, dont l'interprétation est impossible.

L'échantillon CF.4 provient de ces travaux. C'est un bloc d'oxydes de fer ocre, jaune-brun et jaune. L'analyse chimique (laboratoire Direction des Mines et de la Géologie de l'A.E.F. - Brazzaville) donne les résultats suivants :

SiO ₂	: 1,3
Al ₂ O ₃	: 9,3
Fe ₂ O ₃	: 69,3
P ₂ O ₅	: 1
Cu	: 0,7

Perte au feu : 18,7

L'échantillon T.78 a été trouvé dans la recoupe R1 non en place. On y voit un fragment de dolomie, qui en plaque mince apparaît complètement silicifiée, dans un mélange de chalcocite et de quartz, oxydé en malachite. En section polie, on voit en outre dans la chalcocite qui est blanche et orthorhombique, des aiguilles de covellite et d'hématite (cf. photo n° 106, pl. XXI).

T.79, non en place non plus, est un morceau de sulfures massifs. En section polie, on y observe de la pyrite et du mispickel, en morceaux résiduels surtout dans la chalcopryrite. Celle-ci et la galène, ainsi que le cuivre gris et la bornite marron semblent enrobés et remplacés par de la blende ferrique et lamellaire. Quelques paillettes de covellite et des veinules de néodigénite marquent un début de cémentation.

Cet échantillon à peine altéré me semble représentatif du minerai primaire de Djenguilé.

d) Description des sondages.

Les 9 sondages n°s SD-1, SD-14, 18, 49, 58, 59, 60, 61, 62 ont été forés sur la colline de Djenguilé (Ouest de la Loussimba), totalisant 1 139 m. Le carottage a été dans l'ensemble très mauvais ; les résultats essentiels obtenus sont groupés ci-dessous :

SD-1 - galène abondante dans les sédiments entre 18 m et 29 m et traces de chalcopryrite à 28 m.

SD-14 - cuivre natif dans des oxydes de fer à 10 m.

SD-60 - de 0 à 21 m : formations du chapeau analogues à celles de la galerie D1-D4 ; oxydes ferrugineux, malachite, silice.

- de 21 à 54 m : alternance de dolomies silicifiées et d'une belle minéralisation sulfurée, plomb et zinc essentiellement, avec un peu de cuivre, oxydée par endroits en hydroxydes de fer, cérusite et calamine.

Les autres sondages recoupent invariablement la zone oxydée du chapeau d'abord, puis une zone argileuse tectonisée, où le carottage est presque nul, pour atteindre enfin diverses dolomies du SC III moyen.

Etudions quelques échantillons de la zone sulfurée du sondage 60-S. Trois lames minces et huit sections polies ont été taillées à peu près tous les 4 m dans la zone minéralisée en sulfures (éch. T.155 à T.162).

Le minerai est très oxydé ; le fer n'est abondant que dans T.155 et T.156, au-dessus de 30 m de profondeur. En-dessous, on a surtout de la smithsonite et des calamines.

La minéralisation primaire est bien représentée dans T.158 sous forme de pyrite et de mispickel, qui passent à de la marcassite fibro-radiée. Le tout est remplacé par blende et galène, où se mélange un peu de melnicovite (cf. photo n° 107, pl. XXI). On peut apercevoir quelques paillettes de covellite. Des veinules de produits oxydés recoupent le tout. La structure est vaguement concrétionnée. Ce minerai ressemble à celui de Hapilo.

- CHAPITRE II -

INTERPRETATIONS

Pour aborder la partie purement spéculative de cette étude, je chercherai à partir le plus étroitement possible des faits rassemblés au chapitre précédent. Pour cela, j'en tirerai d'abord les analogies et les différences, afin de dégager les caractères généraux des gîtes du Niari ; il sera alors possible, en dehors de toute hypothèse génétique, de comparer ces derniers aux gîtes analogues et beaucoup mieux connus du Copperbelt KATANGA - RHODESIE. Il me semble que ce n'est qu'après cela qu'on pourra raisonnablement aborder une discussion métallogénique, où la valeur des arguments découlera immédiatement de l'analyse précédente.

CARACTERES GENERAUX DES GITES DU NIARI -

1°) Aspects géologiques propres.

a) Caractères tectoniques.

La notion d'échelle d'observation s'impose ici au départ ; laissant de côté la microtectonique, nous distinguerons les traits structuraux discernables à l'échelle du gisement de ceux qui ont une valeur régionale.

Au Niari, la minéralisation est liée à des accidents essentiellement tangentiels dont les compartiments ont de part et d'autre un comportement différent. Les failles peuvent avoir une direction combiennne (E.N.E.) ou subméridienne (aux environs de N.5^g E). Les plis faillés plus ou moins aigus, mayombiens (N.W.), qui les accompagnent, ne sont que des accidents corrélatifs des précédents et, à part des points de détail, n'ont pas de rôle important dans la localisation de la minéralisation.

En rappelant les idées exprimées au chapitre III, il faut souligner que les accidents minéralisés sont probablement calqués sur des failles du socle, qui ont déterminé leur direction et plus ou moins continué à jouer après leur formation.

Les accidents combiens E.N.E. ont la plus grande importance régionale : on peut considérer les failles de Kissenga, Boko-Songo, Hapilo d'une part, de Tchicoumba, N'Piémé, Renéville de l'autre et même de M'Passa, Moukassou (Louvisie

occidentale) comme parties de structures combiennes régionales uniques. Les accidents subméridiens apparaissent comme des satellites beaucoup moins développés en extension.

D'un point de vue "mécaniste", on peut se demander pourquoi il n'existe pas de direction symétrique de la direction subméridienne par rapport à la direction combienne ; nos connaissances régionales aussi bien que théoriques sur ces problèmes en rendent à mon sens la discussion assez vaine ici.

Au Bas-Congo belge, le système faillé sur lequel s'alignent la plupart des indices est de direction combienne à l'Ouest, mais s'infléchit à l'Est, pour devenir Ouest-Est à Bemba-Kilenda. Mais nous sommes là dans la partie la plus orientale de la zone minéralisée, plus éloignée de l'axe mayombien que les indices les plus orientaux français ; il se pourrait que les accidents combiens du Niari subissent à l'Est une flexure analogue. Quoiqu'il en soit, notre ignorance de la géologie du socle, sous les formations de la cuvette congolaise nous empêche d'imaginer même un début d'interprétation.

A l'échelle du gisement, la Grande-Mine de Boko-Songo et Hapilo nous offrent deux bons exemples dont les différentes caractéristiques se retrouvent plus ou moins dans les autres indices. L'accident principal est souvent difficile à situer, car il se décompose en multiples failles satellites, dont les rejets se font de diverses manières.

La minéralisation sulfurée est toujours dans le compartiment où se sont exercés les efforts d'extension, qui se trouve, dans la plupart des cas connus, être le mur. Dans le compartiment comprimé, avec plissements, on ne trouve en général que des minerais oxydés et remaniés récemment.

La plupart des failles minéralisées ont un très fort pendage, mais ne sont pas verticales ; nous n'avons pas assez de données pour voir s'il existe une corrélation entre le sens de ce pendage et la manière dont les accidents subméridiens se greffent sur les failles combiennes. Il me semble pourtant qu'une telle relation doit exister ; quelques exemples permettent de même de penser que les failles Nord-Sud se branchent sur les accidents combiens du côté de leur compartiment comprimé (au Nord par exemple, à la Grande-Mine).

Les minerais primaires ne se déposent pas dans la faille elle-même, le plus souvent soulignée par un remplissage argileux ; ils se trouvent dans les fractures secondaires des roches compétentes, qu'affectent les failles principales.

On voit ainsi qu'il existe des analogies tectoniques certaines entre les gîtes du Niari, mais aussi que leur étude est encore insuffisamment avancée pour pouvoir les discerner toutes et surtout les interpréter. Il est très important

pour la prospection de poursuivre les études dans ce sens ; les études géophysiques devraient comprendre des analyses de structure, qui sont la plupart du temps faisables, en même temps que les recherches directes de minéral, beaucoup plus aléatoires.

Un problème important est de dater la ou les mises en places de la minéralisation par rapport à la formation des accidents. Nous verrons plus loin (p. 197) qu'on peut décomposer schématiquement en trois phases la formation des minerais du Niari :

- deux phases hypogènes : (Fe, Co) et (Cu, Pb, Zn) ; et
- une phase supergène : cémentation et oxydation.

Il semble bien que la minéralisation hypogène soit contemporaine ou postérieure à la formation des accidents : nous avons vu, tant dans les dolomies que dans les grès, le rôle prépondérant joué par les fractures dans la localisation du minéral. En outre, les structures cataclastiques franches sont rares. Au point de vue strictement structural, il paraît légitime de penser que la mise en place de la minéralisation dans sa forme actuelle n'est pas antérieure à la formation des accidents minéralisés. Il faut rappeler ici que nous avons vu au chapitre III, 1ère partie, les raisons qu'on avait de considérer ces accidents comme formés progressivement, dès le dépôt des roches encaissantes.

Pour les minerais cimentés et oxydés, l'absence de structure cataclastique, jointe à l'évidence de la géologie régionale permet d'avancer l'hypothèse que, à quelques rejeux locaux près, les phénomènes supergènes sont postérieurs aux mouvements des failles.

b) Caractères des roches encaissantes.

Jusqu'ici les minerais du Niari ont été rencontrés dans :

- les dolomies du SC III moyen
- les dolomies du SC III supérieur
- les grès arkosiques du P₁ b
- les grès arkosiques du I₁

auxquels il faut ajouter pour mémoire :

- des filons de quartz recoupant le SC I^b le long du Mayombe
- les calcaires du SC I^c (mouches de chalcopryrite et de galène dans la Bouaboumpo, A. RIEDEL, 1955).

Les roches encaissantes peuvent donc être, soit des dolomies, soit des grès arkosiques, dont nous allons rassembler les caractères permanents :

1) Au point de vue physique, on peut résumer en disant que ces roches sont toutes compétentes (cf. 1ère partie, chap. III, p. 79). Les formes des ouvertures et des fractures ainsi que des courbures de couches sont comparables

dans les grès et dans les dolomies minéralisées ; on peut donc dire que leurs compétences relatives étaient voisines, c'est-à-dire que, dans des conditions de pression et de température comparables, elles ont eu des comportements mécaniques semblables sous les efforts tectoniques (W.H. NEWHOUSE, 1942).

2) Du point de vue chimique, utilisons les analyses données en annexe à la première partie, p. 110.

Je considère comme dolomies susceptibles d'être minéralisées, les échantillons suivants :

Tableau I : analyses du Bangou - n° 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 (SC III supérieur)

Tableau II : SC III moyen et SC III supérieur

Tableau III : Haute-Loudima SC III supérieur

Poste Boko-Songo SC III moyen

N'Kota p_1 b (2 analyses)

Sorga SC III supérieur

soit onze analyses des dolomies du SC III supérieur, une du SC III moyen et deux du p_1 b ; je n'ai pas d'analyse complète provenant de façon certaine du I_1 . On peut faire les remarques suivantes :

- dolomies du SC III supérieur -

- la teneur en silice (non hydrothermale) est souvent assez élevée (3 à 30 pour cent, moyenne vers 18 pour cent) ;
- la teneur en alumine, donc en argile est faible (moins de 1 pour cent ; la teneur en magnésie est élevée en général (de 4 à 21 pour cent, avec moyenne vers 15 pour cent. Le problème important des corrélations "teneur en dolomite/minéralisation" n'a pas été étudié ;
- la teneur en CO_2 varie de 17 à 42 pour cent ;

- dolomies du SC III moyen ; mêmes caractères.

Ajoutons que le grain en est moins fin que celui des dolomies du SC III supérieur, souvent cryptocristallines.

- grès arkosiques du p_1 b ; environ :

- 70 pour cent de silice,
- 15 pour cent d'alumine,
- 3 pour cent d'alkalis,
- 3 pour cent de fer.

Le fait essentiel qui ressort de ces constatations est que les roches encaissantes

peuvent être de deux sortes, complètement différentes chimiquement :

- les grès arkosiques essentiellement siliceux,
- les dolomies essentiellement carbonatées.

3) Au point de vue pétrographique enfin, nous avons vu que les dolomies minéralisables étaient des dolomies à grain très fin à moyen (de quelques microns à 5/10 de mm), grises plus ou moins foncées. La cassure est conchoïdale, saccharoïde ou esquilleuse ; il n'y a pas d'effervescence à l'acide dilué. Les minéraux constitutifs sont la dolomite et la calcite avec du quartz, de rares phyllites et des traces de matière carbonneuse. La structure peut être en bancs massifs plus ou moins épais, en plaquettes, ou rubannée et zonée, y compris les structures stromatolitiques.

Les grès arkosiques du p_1 b comme du I_1 sont de compositions voisines. Leurs différences essentielles sont les suivantes :

- les grès du p_1 b sont de couleur gris-vert à gris-violacé et de grain fin à moyen ; ils sont généralement pyriteux ;
- ceux du I_1 sont gris-brun à brun-rouge et de grain moyen à grossier ⁽¹⁾ ; ils comprennent des galets discoïdes de quartz laitieux.

Pour les uns et les autres, la composition pétrographique comprend le quartz (quelquefois nourri, ce qui justifie la désignation précise de grès-quartzites) le microcline, avec quelquefois un peu d'orthose ; l'albite et l'oligoclase généralement damouritisés ; la muscovite avec quelques rares biotites chloritisées, et la tourmaline.

Je résumerai ainsi les caractères généraux des roches encaissantes des minéralisations du Niari :

- elles ont en commun leur comportement mécanique aux efforts tectoniques (compétence),
- elles sont de nature chimique et pétrographique complètement différentes (dolomies et grès arkosiques).

Remarque - Aptitude au remplacement.

Classiquement, le remplacement est un phénomène physico-chimique de dissolution et de précipitation simultanées (A.M. BATEMAN, 1949). Il dépend de la nature de la roche, de celle des "minéralisations" qui la parcourent, de la nature des

⁽¹⁾ La terminologie adoptée est celle de TWENHOFEL (1950).

- grain fin : moins de 1/16 de mm
- grain moyen : entre 1/16 et 2 mm
- grain grossier : plus de 2 mm

voies de circulation, du mode de circulation, et des conditions physico-chimiques régnantes : température, pression, durée.

Cette définition, basée sur l'hypothèse de l'existence de "solutions" circulantes, s'applique assez bien au cas des gisements du Niari, en particulier aux relations qu'on y observe entre la roche encaissante et les minéraux utiles. Mais il est bon de souligner au passage qu'elle n'englobe pas tous les modes de remplacement possibles, en particulier ceux qui interviennent à l'échelle ionique dans les réseaux cristallins. On doit donner à ces derniers, une très grande importance pour interpréter les relations entre les minéraux utiles eux-mêmes : les critères géométriques n'ont plus alors la signification chronologique rigoureuse qu'on leur donne souvent dans l'établissement des paragenèses. A propos de ces derniers, j'utiliserai plus loin les remarques précédentes (p. 197).

Nous avons noté dans la partie descriptive, plusieurs exemples de remplacement des dolomies, à l'échelle microscopique. Dans les mines de M'Passa et de Hapilo, on peut aussi observer le long des failles des dissolutions évidentes de parties de leurs parois. Mais ces phénomènes ont gardé une ampleur limitée ; il ne saurait être question de définir les gîtes du Niari comme des gisements de substitution ; ce sont essentiellement des gîtes de remplissage de fractures ouvertes, avec remplacement limité de leurs parois.

Dans les grès, il en est de même, avec peut-être une intensité encore moindre des phénomènes de métasomatose de la roche encaissante.

Dans les deux cas, les observations ne conservent que le remplacement par le minéral cémenté.

c) Minéralogie du minéral.

La minéralogie des gîtes du Niari est variée et complexe. Je ne pense pas que le présent travail rassemble tous les minéraux qui y existent, ou même qui peuvent y avoir été décrits ou cités. Voici la liste récapitulative de ceux que j'ai pu observer et dont les déterminations sont certaines (voir tableau ci-après).

A droite du trait gras se trouvent les minéraux de la zone d'oxydation. A gauche, il s'agit de minéraux primaire sauf chalcocite, covellite et bornite qui sont surtout le produit de cémentation supergène. Dans la colonne "probables, à rechercher", j'ai indiqué quelques minéraux dont l'existence m'a été signalée sans que leur identité soit prouvée, ou dont la présence est très vraisemblable. Les minéraux soulignés sont les plus abondants.

On peut faire les remarques suivantes sur ces minéraux :

ESPECES MINERALES RENCONTREES DANS LES GITES DU NIARI

Sulfures	Sulfosels	Oxydes	Carbonates	Silicates	Phosphates, Arsénates, Vanadates	Sulfates	Natifs	Probables, à rechercher
					Vanadinite $Pb^4 (Pb, Cl) (VO^4)$ Descloizite $(Pb, Zn)^2, OH, (VO^4)$ Carnotite $K^2O, 2UO^3, V^2O^5, 2H^2O$			Volborthite (vanadate hydraté de Cu, Ca, Ba)
Chalcopryrite $Cu Fe S_2$ Pyrite $Fe S_2$ Marcassite $Fe S_2$	Mispickel $Fe As S$	Hématite $Fe^2 O^3$ Goethite $Fe^{2,3} O^3 H^2O$ Limonites $Fe^{2,3} O^3, nH^2O$			Scorodite $Fe As O^4, 2H^2O$ Béudantite $3 Fe^{2,3} O^3, 2 Pb O, 2 SO^3, As^{2,5} O^5, 6H^2O$	Mélanterite $Fe SO^4, 7H^2O$ Jarosite $K^2 Fe^6 (OH)^{12} (SO^4)$ Plumbo jarosite $Pb Fe^6 (OH)^{12} (SO^4)^4$		Lepidocrocite $Fe^{2,3} O^3, H^2O$ Pharmacosidérite $6 Fe As O^4, 2 Fe (OH)^3, 12 H^2O$
Saflorite $Co As^2$ Löllingite $(Co, Fe) As^2$	Glaucodot $(Co Fe) As S$		Sphérocobaltite $Co CO^3$		Erythrite $Co^3 As^2 O^6 8 H^2O$			Cobaltite $Co As S$ Skutterudite $Co As^3$ Rammelsbergite $(Co, Fe) As^2$
CHALCOCITE $Cu^2 S$ COVELLITE $Cu S$ BORNITE $Cu Fe S_4$ Chalcopryrite $Cu Fe S_2$	Tennantite $3 Cu^2 S, As^2 S_3$	Cuprite $Cu^2 O$ Tenorite $Cu O$	Malachite $Cu CO^3 Cu(OH)^2$ Azurite $2 Cu CO^3, Cu(OH)$ Aurichalcite $2 (Zn, Cu) CO^3, 3 (Zn, Cu) (OH)^2$	Diopside $H^2 Cu Si O^4$ Chrysocolle $Cu SiO^3, 2H^2O$ Planchéite $6 Cu O, 5 SiO^2, 2H^2O$	Zeunérite $Cu(UO^2)_2, 2H^2O$ $As^{2,5} O^5, 8H^2O$ Leucochalcite $Cu^3 As^{2,5} O^8, Cu (OH)^2, 2H^2O$	Brochantite $Cu SO^4, 3 Cu(OH)^2$ Linarite $(Pb, Cu) SO^4 (Pb, Cu) (OH)^2$ Chalcanthite $Cu SO^4, SH^2 O$	Cuivre	Tétrahédrite
Blende $Zn S$			Smithsonite $Zn CO^3$ Aurichalcite $2 (Zn, Cu) CO^3, 3 (Zn, Cu) (OH)^2$ Hydrozincite $2 Zn CO^3, 3 Zn (OH)^2$	Willémite $Zn^2 SiO^4$ Calamine $H^2 Zn SiO^5$	Descloizite $(Pb, Zn)_2 (OH) VO^4$			Goslarite $Zn SO^4, 7H^2O$
dans la galène							Argent	
dans la blende								
Galène $Pb S$			Cérusite $CO^3 Pb$	Ganomalite $Pb^4 (PbOH)^2$ $Ca^4 (Si^{2,7} O^7)^3$ Kasolite PbO, UO^3, SiO^2, H^2O	Pyromorphite $Pb^4 (Pb, Cl) (PO^4)^3$ Mimérite $Pb^4 (Pb, Cl) (AsO^4)^3$ Vanadinite $Pb^4 (Pb, Cl) (VO^4)^3$ Descloizite $(Pb, Zn)^2 OH (VO^4)$ Béudantite $3 Fe^{2,3} O^3, 2 Pb O, 2 SO^3, As^{2,5} O^5, 6H^2O$	Anglésite $SO^4 Pb$ Linarite $(Pb, Cu) SO^4, (Pb, Cu) OH^2$ Plombe-jarosite $Pb, Fe^6 (OH)^{12} (SO^4)$		
		Gummite et oxydes noirs ?		Kasolite PbO, UO^3, SiO^2, H^2O	Chalcolite $Pb^2 O^5, CuO, 2VO^3, 8H^2O$ Zeunérite $Cu (VO^2)^2$ $As^{2,5} O^5, 8H^2O$ Carnotite $K^2O, 2 VO^3, V^2O^5, 2H^2O$			
		Quartz $Si O^2$	Calcite $CO^3 Ca$ Dolomite $CO^3, Ca, CO^3 Mg$					

1) Minéraux hypogènes et de cémentation.

Pyrite.— La pyrite est omniprésente et probablement le minéral le plus abondant, ce qui est commun (LINDGREN, 1933). Ainsi que nous l'avons vu, elle est souvent anisotrope en lumière réfléchie. L'opinion de SCHNEIDERHÖHN (1932), selon laquelle cette anisotropie est due à la présence de traces d'arsenic, me semble valable au Niari où il existe de notables quantités d'arsenic dans les minerais.

Je n'ai pas observé de pyrite zonée ; par contre les textures clastiques sont fréquentes et le plus souvent attribuables à des efforts tectoniques limités. La texture concrétionnée n'est pas rare, avec parfois association à de la marcassite fibreuse, ce qui évoque une température de formation assez basse. On trouve aussi nombre de cristaux automorphes.

Le remplacement de la pyrite a été observé par tous les autres minéraux hypogènes ou de cémentation, sauf ceux de cobalt et le mispickel, dont je n'ai pas assez d'échantillons.

Au Bas-Congo, on suppose que l'or contenu dans le minerai est inclus dans la pyrite.

Melnicovite.— Forme crypto-cristalline de la pyrite, très probablement arsenicale, trouvée en association avec les minéraux cobaltifères de M'Passa.

Marcassite.— Assez bien développée dans certains gisements (Boko-Songo), la marcassite est tout de même plus rare au Niari qu'on pourrait l'imaginer. Elle dérive quelquefois de la pyrite, mais ailleurs rien ne permet de l'affirmer. Sa présence indique une température de formation inférieure à 350° (ALLEN et autres, 1912).

Mispickel.— Trouvé à Hapilo et Djenguilé, et rare, le mispickel se présente en cristaux à tendance automorphe, d'aspect analogue à ceux de la pyrite voisine. Il semble associé au minerai essentiellement plumbo-zincifère du type Hapilo.

Son diagnostic a été confirmé par des recherches de traces de cobalt sur les échantillons où on le trouve, qui ont été négatives. Sa présence pourrait indiquer une tendance vers des associations de température plus élevée.

Le mispickel existe à Kipushi (Katanga) (BUTTGEBACH, 1947).

Löllingite cobaltifère.— Dans les échantillons de M'Passa, la löllingite semble prendre naissance à partir d'un mélange melnicovite-safflorite ou glaucodot. Elle y forme des incrustations en éventail, bordées à l'extérieur de cuivre gris.

Safflorite et glaucodot.— La détermination précise de ces minéraux à M'Passa n'est pas absolument certaine. Ils y apparaissent en effet finement mélangés avec

de la melnicovite, et la détermination microscopique et microchimique est délicate. De toute façon, il s'agit de minéraux blancs de cobalt (40 pour cent dans l'échantillon, pas de nickel).

Chalcocite.— Deux variétés ont été trouvées au Niari :

— la chalcocite blanche orthorhombique, dont l'attaque nitrique met en évidence la structure grenue et la néodigénite bleu-clair, qui est une solution solide de la précédente et de covellite (plus de 7 pour cent). D'après les travaux de BUEGER (1941), ces variétés se formeraient en-dessous de 91° ; toutes les textures et associations observées pour les chalcocites du Niari conduisent à penser qu'il s'agit d'un minéral de cémentation. Nulle part, je n'ai pu découvrir le critère permettant d'évoquer une origine ascendante. Aucune chalcocite cubique ou lamellaire n'a pu être trouvée dans la centaine de sections examinées ; la variété rosée de l'échantillon T.15 ne peut non plus être d'origine hypogène.

Covellite.— Toujours en paillettes et associée à la chalcocite, ce minéral me semble aussi être dû à la cémentation.

La covellite et la chalcocite présentent des caractères analogues à ceux qu'elles revêtent au Katanga (articles de J. LEGRAYE et M. GYSIN, cités dans H. BUTTGENBACH, 1947).

Bornite.— On observe plusieurs variétés de couleur avec tous les passages depuis le brun-chocolat au mauve-bleuté. J. GEFFROY (1952), s'appuyant sur la forme régulière des contours de la bornite brune, le fait qu'elle est recoupée par des filonnets de galène, lui attribue une origine hypogène, par opposition à la bornite mauve considérée comme un minéral de cémentation. Ceci me semble confirmé par les rapports texturaux de la bornite, qui tantôt remplace la pyrite ou la chalcopyrite, en association étroite avec la chalcocite, et apparaît alors comme un minéral de cémentation, tantôt forme des îlots à bords nets dans la galène, ou même la blende ou la chalcopyrite et semble alors avoir une origine semblable à celle de ces minéraux hypogènes.

Dans le premier cas, les textures de dissociation décrites par Van AUBEL (1928) sont fréquemment observées.

Les variations de couleur de la bornite proviennent vraisemblablement des plus ou moins grandes quantités de chalcocite qu'elle tient en solution solide (aucun rapport avec la bornite orange de J. ORCEL (1937)).

Chalcopyrite.— La chalcopyrite se présente en aggrégats grenus ; elle est souvent mâclée grossièrement et non en fines lamelles caractéristiques des chalcopyrites formées à haute température.

Elle remplace toujours et partout la pyrite ; dans la blende, elle forme

des inclusions microscopiques. Elle est remplacée par la chalcocite. L'oxydation de la chalcoppyrite se fait toujours par l'intermédiaire de chalcocite et de covellite de cémentation.

Je n'ai pas rencontré de chalcoppyrite dont on puisse affirmer qu'elle était elle-même un produit de cémentation.

Tennantite.— La faible teneur générale du minerai en antimoine, ainsi que la nuance nettement verdâtre du minerai en lumière réfléchie m'ont conduit à baptiser ainsi tous les cuivre gris. C'est un peu abusif, et la présence de tétrahédrite ou même d'autres sulfosels n'est pas à exclure, d'autant qu'on a décrit la tétrahédrite à Kipushi et non la tennantite (J. THOREAU, 1928). Dans tous les échantillons, le cuivre gris est associé soit à la galène, soit à la blende, sans qu'on puisse décider nettement de leur ordre de cristallisation.

Blende.— La blende est presque toujours ferrifère, mais à des degrés divers. Elle est toujours en plages informes. Elle peut contenir des résidus de pyrite, des inclusions de chalcoppyrite, de bornite, ou de galène. Elle est remplacée par la bornite et la chalcocite.

Ses rapports avec la galène montrent souvent une inversion de leur ordre de cristallisation : tantôt blende-galène, tantôt galène-blende. Ceci est fréquent ; GARRELS (1941) l'attribue au transport du plomb et du zinc par des solutions chlorurées concentrées ; J. GEFFROY (1951) y voit un des critères de la reprise hydrothermale secondaire.

Galène.— La galène se présente toujours en agrégats lamellaires assez importants, elle est très rare en petites inclusions. Sa composition isotopique est utilisée pour évaluer son âge : nous aborderons cette question plus loin.

Les minéraux de cobalt et d'uranium ainsi que le mispickel sont ici signalés pour la première fois au Niari.

2) Minéraux de la zone d'oxydation.

Je ne les décrirai pas en détail, renvoyant aux descriptions du premier chapitre pour leur mode de gisement. Quelques remarques me paraissent cependant nécessaires :

- l'abondance du vanadium dans la zone d'oxydation confirmée par l'indice de Kussu au Congo belge pose un problème quant à l'origine de ce métal, problème que nous évoquerons plus loin (cf. p. 222) ;

- cette liste des minéraux de la zone d'oxydation est certainement très incomplète et le Niari constitue une zone de choix pour l'étude minéralogique des produits d'oxydation du fer, cuivre, plomb et zinc.

3) Minéraux de gangue.

Un trait important des minéralisations du Niari est que l'on n'y observe pas de minéraux de gangue différents des matériaux constituant la roche encaissante. Les carbonates, calcite ou dolomite, ou la silice, existent abondamment dans les terrains environnants.

Alors que certaines préparations permettent de se rendre compte que des carbonates proviennent de la paroi même d'un filonnet, il n'a jamais été possible de déterminer avec précision l'origine de la silice.

4) Problème de la chronologie des mises en place des minéraux. Paragénèse.

J'ai cherché, classiquement, à utiliser les critères employés depuis longtemps par les auteurs américains pour définir les relations des minéraux entre eux et établir la "paragénèse" des gisements (E.S. BASTIN et autres, 1931 ; A.B. EDWARDS, 1947 - SCHWARTZ, 1951).

Si l'on veut aboutir dans cette voie à des résultats détaillés et précis, on se heurte à de nombreuses difficultés ; c'est encore la notion "d'échelle" qui intervient ici. Pour un échantillon donné, l'application des critères classiques conduit à une succession donnée ; dans un autre échantillon, même voisin, la succession sera différente. Il arrive même que dans une seule section polie deux minéraux apparaissent, tantôt dans un certain ordre, tantôt dans l'ordre inverse. Ceci provient vraisemblablement d'une interprétation incomplète des critères géométriques (cf. p. 191).

Mais si nous examinons, comme nous l'avons fait plus haut, un grand nombre d'échantillons provenant de parties différentes d'un même gisement, et aussi de plusieurs gisements, des groupements constants peuvent se dégager, des rapprochements intéressants s'effectuer, que j'ai résumés dans l'examen minéralogique précédent.

C'est dans ce sens qu'il me semble possible au Niari, de décomposer comme suit la succession des mises en place des différentes espèces :

pyrite (marcassite, melnicovite), mispickel, sulfoarséniures et arséniures cobaltifères : (Fe, Co, As, S)

blende, galène, cuivre gris, chalcoppyrite, bornite brune, (chalcocite blanche ?) : Zn, Pb, Cu, As, S)

cémentation : bornite mauve, chalcocite, néodigénite, covellite, et oxydation.

Le quartz est présent partout et dans les trois phases, y compris l'oxydation.

A l'intérieur de chaque groupe, il me semble préférable de ne pas déduire

les relations d'âge des relations géométriques entre les minéraux. Ceci va à l'encontre de plusieurs idées antérieurement émises. Mais sur la seule base des relations géométriques, il me paraît au Niari bien difficile d'aller plus loin dans le découpage chronologique que la décomposition précédente en trois phases, sans s'aider en même temps d'une ou de plusieurs hypothèses sur la génèse du gisement.

Remarque : problème de l'uranium. Où situer l'uranium dans notre découpage chronologique ? On le trouve dans les zones oxydées (terres violettes par exemple) et dans la zone de cémentation (chalcocite de M'Passa) ; par contre, rien au Niari ne permet jusqu'ici d'affirmer sa présence dans une association primaire. L'ignorance où nous sommes de la forme physique exacte de l'uranium dans ce minerai rend hasardeuse toute hypothèse sur son origine (voir plus loin, p. 221).

d) Altération supergène.

1) La cémentation.

Dans l'état actuel des connaissances, toute la chalcocite et toute la covellite, la plus grande partie de la bornite semble être le produit de réactions de cémentation. Celle-ci est inséparable de l'oxydation du minerai ; je ne reprendrai pas les explications classiques de la cémentation ni les discussions qu'on peut en faire (BATEMAN, 1949 ; LINDGREN, 1953).

← :

Au Niari, le minerai est très pyriteux en général, et cuprifère ; les réactions d'oxydation et de cémentation en sont beaucoup facilitées (réactions de SCHÜRMANN).

La roche encaissante peut être carbonatée ou gréseuse : dans le premier cas, il s'agit d'une gangue réagissante et les zones d'altération supergène sont très développées ; dans le second, au contraire, leur ampleur est limitée. Les minerais actuellement connus étant toujours plus ou moins cimentés, il en résulte que les teneurs moyennes sont généralement plus fortes dans les dolomies que dans les grès. La fissuration de ces roches, de compétences approximativement égales, est semblable et son influence propre sur l'altération, dont elle facilite la pénétration, y est la même.

Le rôle de la perméabilité n'a pas été étudié ; il n'est pourtant certainement pas négligeable en particulier dans les phénomènes de remplacement observés dans les dolomies, soit par des sulfures de cémentation, soit par des hydroxydes de fer (E.L. OHLE, 1951).

Les roches "rouillées" sont très développées et constituent souvent un guide vers la minéralisation utile.

Le climat est évidemment très favorable à l'altération : chaleur, humidité et pluviosité concourent à la rendre rapide et intense.

Avec les précipitations, la géomorphologie détermine la cote du niveau hydrostatique, sa forme et son régime. C'est de lui que dépend en définitive la disposition actuelle des zones d'altération.

L'étude des différents cycles d'érosion n'a pas encore été faite au Niari. Il semble bien que la période humide actuelle a été précédée d'une longue période aride avec abaissement considérable du niveau hydrostatique. Cette hypothèse serait la plus plausible pour expliquer la profondeur atteinte par les phénomènes d'altération supergène ; les minerais rencontrés dans les travaux les plus profonds (par exemple ceux de la Grande-Mine, vers la cote 200 au-dessus du niveau de la mer) sont oxydés et cimentés.

Presque tous les échantillons de minerai non oxydé étudiés dans ce travail sont plus ou moins cimentés. C'est parce qu'on a mal apprécié la véritable ampleur des phénomènes de cimentation que l'on n'a pas jusqu'ici clairement reconnu la nature de la minéralisation primaire ; ce qui a beaucoup influé sur la nature des théories génétiques précédemment émises.

2) Le problème des chapeaux de fer.

Le plus spectaculaire résultat de l'altération supergène au Niari est l'extraordinaire développement des "chapeaux de fer", quand le minerai est encaissé dans des dolomies. On a vu plus haut des descriptions des chapeaux de fer de la Grande-Mine et de Djenguilé, les plus grands de la cuvette de Boko-Songo. Mais il en existe d'autres dans le bassin, aussi importants sinon plus ; par exemple M'anga-Koubanza ou les chapeaux du Gué de la Louvisie ou de la Mimbodi inférieure, très de M'Passa.

J'ai donné plus haut les résultats analytiques partiels obtenus au cours de l'étude systématique des chapeaux que j'avais entreprise. On peut, artificiellement, la scinder en trois parties :

- problème minéralogique,
- problème physico-chimique de la genèse des constituants des chapeaux,
- problème économique de la signification des chapeaux en tant qu'indices.

Le problème minéralogique est des plus difficiles. On se heurte dès l'abord à la minéralogie systématique des oxydes de fer, qui fait encore l'objet de nombreux travaux. En 1919, PCSNJAK et MERWIN concluaient d'une étude sur les hydroxydes de chapeaux de fer américains que seuls existaient sous forme définie les monohydrates α et γ ; soit : α $\text{Fe}^{2+}\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ou goethite
 γ $\text{Fe}^{2+}\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ou lépidocrocite.

Depuis, de très nombreux travaux ont cherché à préciser les propriétés physico-chimiques de ces composés, à mieux définir leurs domaines de stabilité, enfin à les reproduire expérimentalement. Des méthodes nouvelles ont été employées. Ces recherches s'appliquent surtout à deux domaines : les minerais de fer (S. CAILLERE et F. KRAUT, 1954) et les sols (R.C. MACKENSIE, 1951). L'étude des chapeaux de fer s.str. y reste secondaire (R. BLANCHARD, 1949)⁽¹⁾.

Les composés d'autres métaux que le fer sont plus faciles à reconnaître et à définir : cuivre, plomb, zinc, cobalt et vanadium. On peut la plupart du temps les isoler mécaniquement de leur gangue silicoferrugineuse.

Certains chapeaux de fer présentent une radioactivité notable ; là encore je ne sais pas sous quelle forme s'y trouve l'uranium. Les expériences effectuées sur l'échantillon DR-1 (cf. p. 184) laissent penser qu'il est lié aux minéraux sulfurés subsistant dans le chapeau de fer ; encore faudrait-il prouver que l'extraction des hédroxydes de fer n'altère pas les composés uranifères. On a pu penser au début des travaux, qu'il y avait concentration d'uranium dans l'argile des chapeaux. Il n'en est rien, car :

- elle provient des roches encaissantes dissoutes (GM-1 et GM-2)
- c'est surtout de la kaolinite, à faible pouvoir d'échange.

- A fortiori, nous sommes réduits à des hypothèses en ce qui concerne les processus physico-chimiques qui ont abouti aux chapeaux actuels. Il est certain que leur importance est due à la convergence exceptionnelle au Niari de trois facteurs :

- abondance de la pyrite dans le minerai,
- gangue carbonatée,
- climat équatorial.

Je pense qu'une manière intéressante d'aborder le problème est de considérer le chapeau de fer comme un sol spécial formé sur une roche spéciale : le minerai. Il apparaît alors naturel d'utiliser dans son étude des moyens analytiques et l'expérience des pédologues, dont on sait tout l'intérêt actuel pour les sols équatoriaux. Bien plus, il semble que certaines de leurs constatations ou de leur hypothèses de travail soient très utiles. Il m'est impossible de développer ceci dans le cadre de ce travail ; mais je suis convaincu que cette manière de l'aborder est susceptible de faire avancer l'étude des chapeaux de fer, qui semble marquer le pas depuis un certain temps.

Par exemple, le mode et les conditions de transport des composés ferrugineux ont beaucoup été étudiés. L'accent est mis sur le rôle des complexes colloïdaux et sur les différentes caractéristiques de l'état colloïdal (DEMOLON, 1948). La migration du fer en particulier est envisagée sous forme de complexes ferro-

(1) Il faut citer pourtant les études de porosité de W.C. KELLY (1953).

ferri-siliciques ; la nature réelle de ces complexes est mal établie, mais les études poursuivies ont permis de fixer les conditions de température, de pH, l'action d'autres ions métalliques (Ca par exemple), auxquelles se produisaient le déplacement du fer. Surtout elles mettent en évidence le rôle de la silice, qui est probablement essentiel.

Au Niari, nous avons vu que les chapeaux de fer sont aussi des "chapeaux de silice", que des indices presque uniquement siliceux recouvrent quelquefois les zones minéralisées. Les produits silico-ferrugineux brun-violacés de DJENGUILLE recouvrent beaucoup des gels durcis, plus ou moins en voie de recristallisation.

Déjà en 1929, E.S. MOORE et J.E. MAYNARD montraient expérimentalement que le transport du fer et de la silice dans les rivières se faisait sous forme de hydrosols. Plus récemment, A. VATAN (1947) a attiré l'attention sur le rôle de la silice dans la mobilisation du fer d'une roche pisolitique ferrugineuse de la bordure méridionale du bassin de Paris.

De même, les conditions de précipitation et de fixation du fer, du manganese (BOISCHOT et P. QUILLON, 1952) ont été précisées, à propos des sols calcaires. On a pu constater que le fer était fixé irréversiblement par les grains de carbonate, dès que le pH de la solution ferrique était supérieure ou égal à 5,1.

En ce qui concerne l'uranium des chapeaux de fer, on remarquera de même que dans les sols équatoriaux, l'uranium n'est généralement pas lessivé. Celui qu'on trouve dans la zone d'oxydation semble provenir du minerai qui a été oxydé et dont résultent les chapeaux de fer, d'autant plus que les teneurs y sont tout fait comparables (de l'ordre du millième).

Je crois que ce n'est qu'après avoir obtenu des résultats tangibles dans la voie indiquée ci-dessus qu'il deviendra possible de mieux utiliser les chapeaux de fer de la zone équatoriale sur le plan économique. Il s'agit en effet d'utiliser ces affleurements remarquables pour en déduire des conclusions valables relatives au minerai qu'ils recouvrent.

D'abord, on a pu se poser la question de savoir s'il recouvraient ou non le minerai, s'ils n'étaient pas plutôt des résidus de corps minéralisés entièrement altérés. L'exemple de la cuvette de Boko-Songo montre qu'en lui-même le chapeau de fer (la Grande-Mine par exemple) est le résidu d'un corps minéralisé, oxydé presque entièrement, en même temps qu'était érodée la couche qui le contenait (ici les dolomies du SC III supérieur) ; mais en dessous, on a trouvé un minerai non altéré, parce qu'il existait une deuxième couche minéralisée, affectée par la même faille. Ceci a une portée générale au Niari : un chapeau de fer jaillit par une faille, car il correspond à une minéralisation qui a été oxydée ; mais

pour savoir s'il existe des minerais sulfurés en-dessous, il importe de considérer la géologie locale afin d'apprécier si la faille peut affecter d'autres couches favorables situées plus bas.

Ceci étant posé, on peut faire, pour avoir une idée de la minéralisation, les observations préconisées par BLANCHARD et BOWSWELL (1925 à 1935) sur les aspects des limonites des chapeaux de fer. J'ai appliqué cette méthode dans plusieurs cas au Niari (voir exemple p. 180) sans que les résultats, ensuite vérifiés par les sondages, soient très probants ; les lessivages et les remaniements qui se produisent en zone équatoriale semblent si énergiques qu'ils laissent subsister peu de structures caractéristiques.

e) Répartition de la minéralisation.

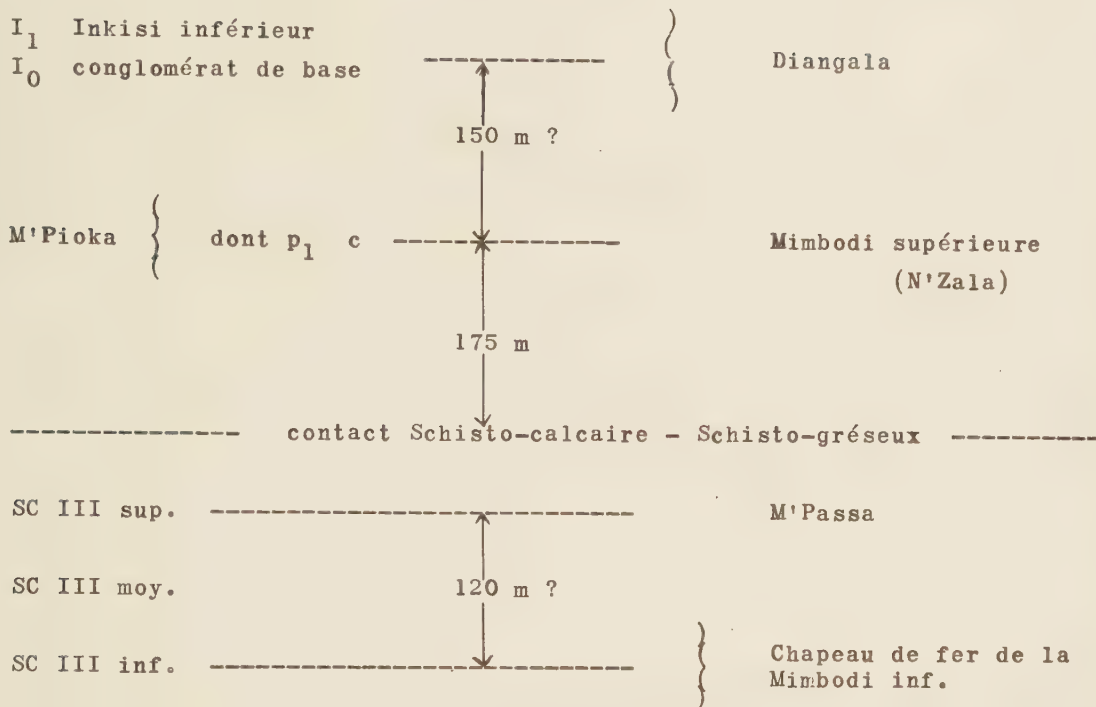
Envisageons d'abord la répartition horizontale, géographique si l'on veut. Plusieurs auteurs avaient cru reconnaître au Niari une région orientale cuprifère et une région occidentale surtout plombifère. Il est vrai que jusqu'ici du cuivre a été produit à Mindouli à l'Est, et du plomb à M'Fouati à l'Ouest ; mais les exploitations ne sont pas assez nombreuses pour en tirer des conclusions statistiques.

En regardant les faits de plus près, nous constaterons d'abord que la plupart des affleurements oxydés contiennent des minéraux de cuivre, de plomb et de zinc. Ensuite, les gisements de minerai connus jusqu'ici sont peu nombreux ; ce sont, d'Est en Ouest : Mindouli, Mimbodi supérieure (ou N'Zala), Diangala, M'Passa, Hapilo et la Grande-Mine de Boko-Songo (je ne tiens pas compte de Djenguilé, reconnu par un seul sondage).

Or, Mindouli, Mimbodi et M'Passa contiennent surtout du cuivre, tandis que Diangala est plutôt plumbo-zincifère ; il n'y a que très peu de cuivre à Hapilo et le minerai de la Grande-Mine peut être considéré comme mixte cuivre - plomb - zinc, d'après les analyses effectuées. Il en résulte qu'il est, à mon avis, tout à fait injustifié de distinguer au Niari des régions cuprifères ou plombifères ; pour le moment, la loi de répartition géochimique des métaux utiles nous échappe, si tant est qu'il existe d'autres lois que celles du hasard.

Verticalement, c'est-à-dire au long de l'échelle stratigraphique, nous avons vu (p. 189) que la minéralisation pouvait affecter divers niveaux du Schisto-calcaire ou du Schisto-gréseux. Mais il ne faut pas se référer à l'échelle stratigraphique générale (Introduction), pour en déduire les relations géométriques mutuelles des niveaux minéralisés. Il faut examiner chaque cas particulier ; or un seul est suffisamment connu au Niari, celui de l'ensemble M'Passa - Mimbodi -

Diangala. On peut y établir le schéma suivant :



Encore doit-on remarquer que par suite du jeu des accidents tectoniques, Diangala et Mimbodi supérieure sont à peu près à la même altitude.

20) Aspects géographiques et géologiques relatifs.

Les caractères que nous venons de voir s'observent, plus ou moins complètement selon le développement des travaux, sur tous les indices que nous avons catalogués au début de cette deuxième partie.

Revenant à la carte de localisation de la page 125 et la comparant à celle de la page 2, nous voyons que tous les indices et gisements de ce type du Ari, du Bas-Congo belge et de l'Angola se localisent dans les terrains du Système du Congo occidental. On pourrait donc parler d'une époque métallogénique bas-congolaise, au sens de LINDGREN (1933), aussi bien qu'une province bas-congolaise au sens de De LAUNAY (1913). Les limites géologiques sont en effet les importants tectonismes régionaux qui définissent le Système du Congo-occidental ; nous avons vu dans l'Introduction, l'état actuel des connaissances sur ce sujet. A cette échelle très générale, déjà se pose le problème de l'âge de la minéralisation : où se situe sa mise en place dans la chronologie des événements du Système du Congo-occidental ? On peut d'ailleurs préciser un peu plus et dire que les minéralisations du type qui nous occupe se trouvent stratigraphiquement comprises entre la base du SC III et le sommet du Schisto-gréseux. Ces terrains forment sur le

flanc occidental de la chaîne mayombienne un vaste domaine dont nous avons envisagé la structure au chapitre III, première partie.

Nous avons déjà dit aussi que ce domaine n'était qu'un élément d'une des auréoles de la cuvette congolaise. Cette remarque est importante en ce qu'elle replace nos minéralisations dans leur vrai cadre régional et justifie l'idée de les comparer à celles du Katanga et de la Rhodésie du Nord.

a) Situation géologique régionale.

Les gîtes du Niari se trouvent dans le Système du Congo occidental, équivalent en gros du Système du Katanga, où sont comprises les minéralisations du Copperbelt. Mais les histoires tectoniques des deux domaines semblent bien différentes : alors qu'au Niari, les couches du Système du Congo occidental ont eu une histoire relativement tranquille de plissements limités et de subsidence irrégulière, celles du Katanga ont subi de violents efforts produisant des structures chevauchantes. En Rhodésie, par contre, les structures redeviennent plus simples. Partout les mouvements importants sont considérés comme postérieurs à la minéralisation. Le métamorphisme régional, nul au Niari et au Katanga (A. BEUGNIES, 1950) est sensible en Rhodésie (schistes à séricite et chlorite). Aucun granite intrusif n'est connu jusqu'ici dans les Systèmes du Congo occidental ou du Katanga.

b) Tectonique de détail des gisements.

Elle est évidemment variée, mais on doit souligner que presque partout la minéralisation est concentrée le long des accidents tectoniques. Au Niari, nous avons vu le rôle des failles tangentiellles combiennes et subméridiennes. Dans les mines de l'Ouest du Katanga, à Fungurume en particulier, il en est de même (R. OOSTERBOSCH, 1951) : le minerai se concentre au voisinage des failles importantes. Le jeu de ces failles est essentiellement horizontal (H. SCHUILING, 1947). Mais il y aurait tout de même une différence : au Niari, quand on s'éloigne des failles, la minéralisation visible disparaît complètement. Au Katanga, elle existe partout dans les couches favorables et ne cesse qu'avec elles (H. SCHUILING, 1947).

Il en est de même en Rhodésie, mais le rôle possible des failles n'est pas souligné dans les descriptions récentes (GR. DAVIS, 1954, J.H.M. Mac NAUGHTON, 1953, J.J. BRUMMER, 1955). A Broken-Hill, la forme des corps minéralisés semble contrôlée par des systèmes de fractures NNE et E (J.H. TAYLOR, 1955). A Kipushi, la structure du gisement est déterminée par une faille transverse, qui décroche un anticlinal.

En résumé, de ce point de vue, il semble qu'il faille distinguer deux cas : celui des gisements du Niari, du Katanga et de Broken-Hill, où les failles jouent

un rôle important dans la localisation du minerai, et celui des gîtes de la Rhodésie du Nord où ce rôle est moins évident. Peut-être cette distinction n'est-elle qu'apparente et provient de points de vue différents dans les descriptions.

c) Roches encaissantes.

Les minéralisations utiles du Niari peuvent être contenues dans des dolomies ou dans des grès arkosiques à grain moyen.

Les minerais exploités au Katanga sont encaissés dans des dolomies dont les caractères pétrographiques, physiques et chimiques sont tout à fait comparables à ceux des dolomies du Niari (R. OOSTERBOSCH, 1951 et comparaisons détaillées que j'ai pu faire sur place). On n'a pas décrit en détail au Katanga de minéralisation de ce type dans les grès : celle qui à Kipushi "monte" dans le Kundelungu est encaissée en fait dans une dolomie siliceuse ("calcaire" de Kakontwe). Ceci dit, il faut maintenant remarquer que le minerai exploité au Katanga est surtout oxydé ; en général, les minéraux primaires existent surtout dans des couches schisteuses ou siliceuses (H. SCHUILING, 1947).

En Rhodésie, la minéralisation est contenue dans des schistes argileux indurés par le métamorphisme général. J.J. BRUMMER (1955) en a donné une description assez précise, quoique V.L. BOSAZZA (1955) lui ait reproché qu'elle négligeait la composition minéralogique de la roche. A Broken-Hill, le minerai est rassemblé dans une dolomie massive qui semble comparable à celles du Niari.

Il n'y a guère, à ma connaissance, dans le Copperbelt, de gîte exploité dans des grès comparables à ceux du Bassin du Niari.

d) Minéralogie du minerai.

On peut dresser le tableau ci-après (p. 206) des métaux rencontrés au Niari, au Bas-Congo et dans le Copperbelt.

On remarquera d'abord l'analogie frappante des associations métalliques qui est telle que si dans un district, on n'a pas trouvé un métal existant dans un autre, on est en droit de l'y chercher activement, par exemple l'or ou le germanium au Niari.

Mais allons plus loin. Dans les minerais étudiés ici, j'ai distingué deux phases de minéralisation hypogène : Fe - Co et Cu - Pb - Zn. Au Katanga, M. ROBERT (1950) sépare les minéralisations Cu - Co des gisements stratiformes (Mines de l'Ouest) de celles Cu - Pb - Zn - U des gîtes d'allure filonienne (Kipushi, Shinkolobwe). En Rhodésie, G.R. DAVIS (1954) souligne simplement l'antériorité de la pyrite sur les minéraux cuprifères.

Il y a donc deux sortes de distinctions à faire :

- des distinctions minéralogiques dans l'ordre de cristallisation des minéraux, c'est-à-dire dans la paragenèse ;
- des distinctions géologiques dans le type des minéralisations.

Métaux	Niari	Bas-Congo	Katanga	Rhodésie
Fe	+	+	+	+
Co	+		+	+
Au		+	+	+
Cu	+	+	+	+
Ge			+	
Pb	+	+	+	+
Ag	+	+	+	?
Zn	+	+	+	+
Cd	+		+	?
V	+	+	?	?
U	+		+	+
	Pb/Cu = 1/3			Co/Cu = 1/10

? probable, non confirmé

Du premier point de vue, les paragenèses semblent en gros comparables, mais il faut souligner que la documentation précise à cet égard est très peu abondante.

On est ensuite tenté de retrouver au Niari deux types de minéralisation, analogues à ceux définis par M. ROBERT au Katanga. Le gisement d'Hapilo, essentiellement plombo-zincifère serait comparable au type Kipushi, et ceux de M'Passa ou de Diangala, essentiellement cuprifères, du type "Mines de l'Ouest".

La première comparaison s'appuie surtout sur l'analogie des paragenèses (Fe - Pb - Zn - Cu subordonné, pas de Co) ; la "montée" de la minéralisation de ce type dans le Kundelungu n'est pas un argument : nous venons de voir qu'il s'agit à Kipushi de la dolomie de Kakontwe et à Hapilo de grès de M'Pioka, dont le parallélisme reste à démontrer : l'uranium filonien n'a pas encore été trouvé au Niari, malgré des recherches actives. Pour la seconde comparaison, il faut d'abord tenir compte de l'état oxydé des minerais de l'Ouest du Katanga, et imaginer leur état antérieur non oxydé pour les rapprocher des minéralisations cuprifères du Niari. Ensuite, le plomb et le zinc y sont relativement abondants et on n'a pas décrit au Katanga de gisement encaissé dans les grès feldspathiques, analogues à Diangala, dont le minerai est pourtant semblable à celui de M'Passa.

Il me semble donc qu'il faut être prudent et, tout en constatant qu'il existe au Niari des gîtes essentiellement Pb - Zn (avec mispickel) tels que Hapilo ou Djenguilé, et d'autres essentiellement cuprifères (avec Co) tels M'Passa ou Diangala, ne pas, sans argument supplémentaire, supputer leurs rapports à partir de ceux qui existent au Katanga entre les deux types de minéralisation.

A la suite des chercheurs américains, les auteurs ont toujours examiné en détail la nature de la chalcocite. Dans les échantillons que j'ai étudiés, je n'ai pas trouvé de preuve d'une origine hypogène de la chalcocite. De même, R. OOSTERBOSCH (1951) au Katanga a trouvé impossible de faire une distinction valable entre chalcocites hypogènes et supergènes ; en Rhodésie, on distingue une chalcocite "primaire" et une chalcocite de cémentation, mais la première ne présente que des faciès de basse température (moins de 91°).

L'uranium et le vanadium existent dans les trois districts (bien qu'on n'ait pas encore signalé le premier au Bas-Congo belge). Au Niari, ils semblent l'un et l'autre liés aux zones d'altération supergènes ; au Katanga, la pechblende forme des filons célèbres, mais on trouve des minéraux uranifères oxydés dans les Mines de l'Ouest ; en Rhodésie, l'uranium existe aussi dans le minerai (C.F. DAVIDSON, 1953). Enfin, il faut ici évoquer le vanadium de Broken-Hill, abondant surtout à la périphérie des corps minéralisés, et que P.H. TAYLOR (1955) estime avoir été concentré à partir des roches encaissantes.

Les textures des différents minerais sont aussi intéressantes à comparer. Au Niari, au Bas-Congo, les fractures de la roche jouent un rôle prépondérant dans la localisation "détaillée" de la minéralisation ; ce rôle a été un peu oblitéré par l'oxydation au Katanga. En Rhodésie, au contraire, le minerai est souvent en grains inclus parmi ceux de la roche encaissante. Il existe une corrélation définie entre la taille des grains de sulfures et ceux des minéraux de la roche encaissante (J.F. BRUMMER, 1955 - R. OOSTERBOSCH, 1951).

Au point de vue de la structure de la minéralisation, rien au Niari ne rappelle le zonage "stratigraphique", si souvent souligné dans les mines de Rhodésie.

A Broken-Hill et en Rhodésie du Nord, les auteurs ont noté l'absence de minéraux de gangue autres que ceux qui constituent normalement la roche encaissante. La silice joue partout un rôle important ; elle est toujours ubiquiste, présente à tous les stades ; en Rhodésie, où l'étude chimique du minerai et des roches encaissantes a été poussée très loin, aucune relation définie n'apparaît entre les teneurs en silice et en cuivre (J.J. BRUMMER, 1955).

e) Phénomènes secondaires.

Leur trait commun et extraordinaire est dans tous les districts la profondeur atteinte par les zones d'altération supergène. Nous avons vu au Niari que les minerais les plus profonds reconnus à ce jour sont cimentés. Au Katanga, on a trouvé du cuivre natif et de la liminite à 990 m de profondeur dans un sondage (R. OOSTERBOSCH, 1951). On peut se demander si une période, même longue, de forte aridité suffit à expliquer une si grande profondeur atteinte par l'oxydation.

f) Age de la minéralisation.

Beaucoup des discussions récemment soulevées sur l'origine des gisements du Centre africain ont été étayées par des mesures physiques de l'âge des minéralisations. Ces mesures sont faites par plusieurs méthodes et appuyées sur diverses hypothèses. La question ayant été assez peu étudiée en France, j'en exposerai brièvement ici l'essentiel, avant d'examiner son application aux minerais africains.

Les conséquences purement géologiques des résultats récents ont été envisagées dans l'Introduction.

1) Les méthodes de mesure d'âge des minéraux.

Les méthodes de mesure d'âge sont basées sur la désintégration naturelle des éléments radioactifs.

Si un minéral comprend dans sa molécule un élément radioactif, les produits de désintégration s'y accumulent. Comme la quantité qui en est produite est fonction du temps, on pourra, en la dosant, évaluer le temps écoulé depuis la formation du minéral. Deux hypothèses sont nécessairement faites :

- rien n'est ajouté ni enlevé au minéral au cours de son évolution,
- le minéral initial ne contenait au départ aucun des produits de la désintégration, ou bien les contenait en proportions connues.

Je rappellerai brièvement les principales méthodes qui ont été utilisées jusqu'ici (voir Nuclear Geology, et E.C. BULLARD and J.T. WILSON, 1954).

- Méthodes au plomb.

Elles sont basées sur la désintégration de U-238, U-235 et Th-232 en Pb-206, Pb-207, Pb-208 respectivement.

Pour un minéral ne contenant pas de plomb lors de sa formation et non altéré au cours des temps, il suffit d'y doser chimiquement le plomb, l'uranium

et le thorium pour en évaluer l'âge. C'est le cas du zircon, très étudié actuellement pour les granites.

Les minéraux uranifères contiennent à la fois U-238 et U-235 : ils contiennent aussi Pb-206 et Pb-207 qui, d'une part proviennent de la désintégration de l'uranium, de l'autre pouvaient exister au moment de la formation du minéral ; ils contiennent enfin Pb-204 qui ne dérive d'aucun minéral radioactif connu, mais existe dans tous les plombs naturels.

Les rapports $\frac{\text{Pb-206}}{\text{U-238}}$, $\frac{\text{Pb-207}}{\text{U-235}}$ et $\frac{\text{Pb-208}}{\text{Th-232}}$ sont donc une fonction du temps, ainsi que $\frac{\text{Pb-207}}{\text{Pb-206}}$, puisque U-238 et U-235 ont des constantes de désintégration différentes.

La présence de plomb primitif à l'origine du minéral sera indiqué par la présence de Pb-204, et il faudra le déduire auparavant.

Remarquant que U-238 et U-235 sont en proportion constante ($\frac{1}{138}$), on voit qu'il suffit de déterminer les rapports :

$\frac{\text{Pb-207}}{\text{Pb-206}}$, $\frac{\text{Pb-206}}{\text{U}}$, $\frac{\text{Pb-207}}{\text{U}}$ et $\frac{\text{Pb-208}}{\text{Th}}$, donc d'effectuer une analyse spectrométrique de masse du plomb et une analyse chimique de l'uranium ou du thorium.

Les "âges" correspondant à chacun des rapports ci-dessus, en particulier des trois premiers, ne sont pas en général concordants. Ceci provient des vicissitudes subies par le minéral, qui ne peut être considéré comme un système chimiquement clos : pertes de radon, qui apparaît au cours des transmutations uranium-plomb, additions ou soustractions d'un des éléments au cours de l'histoire du minéral. Dans chaque cas, il faut faire une discussion serrée de la question, en tenant compte de la géologie locale, afin d'adopter l'âge le plus vraisemblable.

Il n'est pas prudent de s'appuyer sur un seul des rapports ci-dessus (analyse isotopique du plomb ou analyse chimique seule) pour évaluer l'âge d'un minéral uranifère.

Le rapport $\frac{\text{Pb-208}}{\text{Th}}$ n'a guère donné jusqu'ici de résultats comparables aux autres.

- Méthode au strontium.

Le rubidium présente une radioactivité β et se transmute en strontium. Les lépidolites sont généralement assez riches en rubidium et leur âge est déduit de la mesure du rapport $\frac{\text{Sr } 87}{\text{Rb } 87}$. Les difficultés analytiques ont jusqu'ici empêché cette méthode d'être assez sûre.

- Méthode à l'argon.

On mesure le rapport $\frac{A_{40}}{K_{40}}$. Les pertes possibles d'argon pourraient introduire des erreurs ; par contre la distribution quasi-universelle du potassium permet des mesures très variées et la constante association du rubidium au potassium permet d'utiliser les deux méthodes en même temps.

D'autres méthodes existent, basées sur la production d'hélium, le dépôt fractionné de S 32 et S 34 dans les sédiments marins, ou la production de C 14 par le rayonnement cosmique ; elles ne s'appliquent pas aux matériaux anciens du Précambien.

- Méthode au plomb commun.

Cette méthode, qui nous intéresse le plus ici, repose sur l'hypothèse suivante (HOLMES, 1946 et HOUTERMANS, 1947).

" Au début de son histoire, la Terre était suffisamment fluide pour que tous les éléments y soient très bien mélangés et à peu près uniformément distribués, en particulier le plomb, qui avait à cet état "primitif" une composition isotopique déterminée. Plus tard, la croûte devint rigide et le plomb, ainsi que l'uranium et le thorium qu'elle contenait, y furent "figés". Pendant une certaine durée, uranium et thorium évoluèrent en produisant du plomb radiogénique, jusqu'à ce que les processus métallogéniques extraient tout le plomb d'un secteur donné, primitif et radiogénique, et le rassemblent dans des gîtes métalliques. Si bien que plus un gisement de galène est récent, plus le plomb qu'il contient est enrichi en plomb radiogénique. Si on connaît la composition isotopique du plomb "primitif", on peut calculer l'âge du gisement à partir de la mesure au spectrographe de masse des rapports $\frac{Pb_{206}}{Pb_{204}}$ et $\frac{Pb_{207}}{Pb_{204}}$ ".

Les mesures isotopiques, maintenant très nombreuses, effectuées sur des plombs d'âge connu ont montré qu'effectivement plus ils étaient récents, plus ils étaient enrichis en plomb radiogénique.

La composition du plomb primitif a d'abord été estimée en analysant plusieurs plombs d'âge connu. Récemment, HOUTERMANS (1953) a utilisé des analyses isotopiques de plomb de météorites, dans lesquelles on ne trouve pratiquement ni uranium, ni thorium, et où par conséquent aucun apport de plomb radiogénique n'est possible. Les compositions isotopiques ainsi obtenues sont voisines.

Le temps nécessaire pour passer par addition de plomb radiogénique, de la composition isotopique d'un plomb "primitif" à celle d'un plomb actuel (Vésuve, par exemple) est d'environ 4 milliards et demi d'années. Ce chiffre date géochimiquement l'époque de l'enrichissement de la croûte en éléments radioactifs. Plusieurs raisons permettent de penser que cette "différenciation" s'est produite

très tôt dans l'histoire de la Terre et que le chiffre ci-dessus est une bonne estimation de son âge (C. PATTERSON, G. TILTON et M. INGRAM, 1955).

Cette hypothèse de base, bien que vérifiée en gros par plusieurs analyses, soulève pourtant des objections :

Elle suppose d'abord implicitement que :

- 1 - le plomb avant la formation de la croûte avait une composition isotopique uniforme,
- 2 - les proportions plomb - uranium - thorium se sont "figées" dans chaque secteur de la croûte et n'ont plus varié, sauf par radioactivité,
- 3 - chaque minerai de plomb doit être considéré comme dérivant d'un tel secteur, sans mélange avec du plomb provenant d'une autre région, où les proportions primitives auraient été différentes,
- 4 - les processus métallogéniques ont réalisé le mélange à peu près parfait du plomb primitif et du plomb radiogénique.

On constate de suite que les points 2 et 4 ont quelque chose de peu compatible, plus précisément qu'une seule "extraction" métallogénique est possible.

Comme pour les méthodes au plomb, des additions ou des soustractions des éléments peuvent se produire avant ou après la mise en place des galènes et modifier les rapports isotopiques. En particulier, on connaît des cas précis d'enrichissement anormal en plomb radiogénique. Une discussion géologique serrée devra accompagner chaque mesure.

2) La géochronologie des terrains anciens de l'Afrique.

(A. HOLMES et L. CAHEN, 1955).

Les mesures d'âges ci-dessus décrites ont été utilisées pour dater les terrains qui contenaient les minéraux étudiés. En particulier, la stratigraphie du Précambrien a trouvé là des repères chronologiques susceptibles de remplacer les fossiles de la stratigraphie classique.

Il apparaît immédiatement que les relations géologiques du minéral considéré et des roches qui l'encaissent devront être étudiées en détail dans chaque cas particulier.

La plupart du temps, une ou plusieurs hypothèses sont nécessaires pour passer de l'âge d'un minéral à celui des terrains encaissants. Par exemple, une pegmatite sera très vraisemblablement datée par l'uraninite qu'elle contient ; on supposera alors qu'elle représente une phase terminale d'activité plutonique et orogénique, dont elle fournira ainsi une limite chronologique supérieure.

Pour une galène, on peut se demander si l'âge qu'on mesure est celui de la mise en place dans la roche encaissante, ou bien, des remaniements hydrothermaux

ou autres s'étant produits, si on trouve l'âge de la première "extraction" métallogénique de son plomb. En d'autres termes, il faudrait savoir si la "reprise hydrothermale secondaire" (H. SCHNEIDERHÖN, 1941) modifie ou non le rapport des isotopes du plomb.

L. CAHEN et A. HOLMES (1955) pensent qu'il n'en est rien. Les processus métallogéniques sont encore trop mal connus pour qu'il soit possible d'examiner directement leur effet sur la constitution isotopique d'un plomb. Mais des mesures d'âges nombreuses sur des gisements où la reprise hydrothermale est probable doivent permettre de se former une opinion.

C'est ainsi qu'au Maroc, plusieurs plombs de Mibladen et d'Aouli, ont été datés (L. CAHEN, 1955-b) : ils sont de même âge, soit 370 ± 60 millions d'années ; cet âge est calédonien. L'analyse critique de ces données dans le cadre de la géologie locale permet de conclure que vraisemblablement la minéralisation d'Aouli - Mibladen est d'âge calédonien et a été remaniée une ou plusieurs fois avant sa mise en place actuelle. Les remaniements ne semblent guère avoir altéré la composition isotopique des plombs.

Plusieurs galènes du Niari ont été datées par la méthode au plomb commun.

Les gisements suivants ont fait l'objet d'analyses isotopiques :

Hapilo : échantillon recueilli en 1948 par L. CAHEN et J. de MEVERGNIES.

Yanga-Koubanza : idem., gros fragment de galène dans le minerai oxydé d'une petite galerie de recherche.

M'Passa : échantillon de la Direction des Mines et de la Géologie de l'A.E.F., ramassé sur le carreau de la Mine.

L'échantillon d'Hapilo a été analysé à Toronto, les autres au laboratoire du Professeur HOUTERMANS, de Berne. Les résultats de l'analyse isotopique sont les suivants :

	$\frac{\text{Pb } 206}{\text{Pb } 204}$	$\frac{\text{Pb } 207}{\text{Pb } 204}$	$\frac{\text{Pb } 208}{\text{Pb } 204}$	Age conventionnel en millions d'années
Hapilo	18,22	15,98	38,54	$720 \pm ?$
Yanga-Koubanza	17,91	15,72	38,17	660 ± 40
M'Passa	18,00	15,77	38,34	650 ± 70

Les âges conventionnels (voir CAHEN, 1954-b) ont été déterminés d'après des graphiques inédits préparés par F.G. HOUTERMANS et J. GEISS (J. GEISS, 1954, et F.G. HOUTERMANS, 1953).

On peut conclure de ces résultats qu'aux erreurs d'analyse près, les galènes étudiées font partie d'un vaste groupe, d'âge conventionnel voisin de 630 millions d'années, qui est représenté au Bas-Congo belge, au Katanga, en Ituri (L. CAHEN, 1954-b) et en d'autres régions d'Afrique (HOLMES et CAHEN, 1954).

La discussion en est à faire dans le cadre de ce que nous connaissons de la géologie des minéralisations du Niari. Nous l'aborderons dans la deuxième partie de ce chapitre (p. 220).

Il faut remarquer dès maintenant que les gisements des galènes de Hapilo et de M'Passa dans le SC III supérieur sont mieux définis que celui de la galène de Yanga-Koubanza. Celle-ci provient d'une zone oxydée et remaniée, et selon moi, d'une minéralisation encaissée dans le SC III moyen ou peut-être inférieur, mais pas dans le SC II (voir p. 138).

g) Résumé.

Tentons de schématiser maintenant les faits principaux de l'analyse comparative précédente :

1) les minéralisations du Niari et du Bas-Congo belge sont localisées dans un système géologique de même âge que celui qui contient les gîtes du Copperbelt centre-africain ; leurs relations avec la tectonique générale sont différentes, mais celle-ci semble partout postérieure ; le métamorphisme régional, sensible en Rhodésie, y est inconnu.

2) Dans le détail de la localisation du minerai, il faut souligner le rôle des failles tangentiellles, sauf peut-être en Rhodésie du Nord. Au Niari, ce rôle semble encore plus accentué : la minéralisation y revêt une allure moins "stratiforme" que dans le Copperbelt.

3) Les roches encaissantes sont tout à fait analogues lorsqu'elles sont carbonatées ; les grès du Niari, au contraire, semblent difficiles à comparer.

4) L'analogie des associations métalliques est frappante, mais certaines formes minéralogiques peuvent varier. En particulier, on ne connaît pas de pechblende au Niari ; rien n'y rappelle le zonage des minéralisations de Rhodésie du Nord. Les "minéraux de gangue" sont souvent absents⁽¹⁾.

5) Les phénomènes secondaires ont atteint partout de grandes profondeurs, ce qui pose en soi un problème métallogénique.

(1) La barytine est signalée au Bas-Congo belge et au Katanga (communication de L. CAHEN).

6) L'âge absolu des minerais du Niari est le même que celui des minéralisations du Copperbelt, soit 630 millions d'années ou précambrien supérieur.

Sous réserve des discussions que nous avons abordées au fur et à mesure sur chacun de ces points, les constatations précédentes sont à peu près indépendantes de toute théorie métallogénique. Leur ensemble me paraît justifier et définir la notion d'une province métallogénique congolaise.

3°) Revue succincte des théories génétiques antérieurement proposées pour le bassin du Niari.

Cette revue me semble nécessaire parce que le nombre des auteurs qui ont exprimé un avis sur la métallogénie du Niari est grand et leurs opinions diverses. Historiquement pourtant, on voit se dégager les tendances principales, et les faits essentiels orienter les théories.

On trouvera dans V. BABET (1929) un clair résumé de l'évolution des idées jusqu'à 1929. En en tenant compte, V. BABET propose alors une origine filonienne, accompagnée de remplacement de la dolomie par le minerai primaire. Il souligne le rôle des remaniements supergènes, où il distingue les phénomènes de silicification de ceux de décalcification. Il attribue enfin un âge anté-schisto-gréseux à la minéralisation, négligeant l'indice de Ganda-Londa qu'avait décrit D. LEVAT (1906).

Il faut souligner, à propos des idées antérieurement émises, que presque toutes attribuaient au minerai du Niari une origine magmatique, même M.F. BERTRAND (1923), qui parlait de "filons-couches formés par des eaux métallisantes siliciques", et non de formation sédimentaire syngénétique. Seul D. LEVAT, ayant observé de la chalcocite dans les grès du p₁ b, avait envisagé une telle origine.

En 1935, F. BLONDEL, en conclusion de l'analyse remarquable que j'ai déjà citée, énonce les caractères fondamentaux des gîtes du Niari : ce sont des gîtes "disséminés" et non filoniens, leur allure est stratiforme, ils n'ont pas de racines, les minéraux primaires en sont la chalcoppyrite et la bornite. Leur type est analogue à ceux des gisements du Katanga, de Tri-State et de Haute-Silésie. Ce sont à peu de chose près les constatations de base auxquelles était parvenu L. DUPARC (1928), sans pour autant en tirer des conclusions aussi heureuses que celles de F. BLONDEL. Celui-ci en déduit que les gîtes du Niari sont des gîtes :

- 1) d'origine profonde, du même type général que ceux du Katanga,
- 2) qu'ils ne sont pas encaissés dans le même niveau qu'au Katanga,
- 3) que leur tectonique est beaucoup moins violente, donc les possibilités économiques moindres,

- 4) que lorsque les produits oxydés sont abondants, le gîte primaire est souvent complètement détruit puisque, stratiforme, il n'a pas de racines.

A l'exception du deuxième point, toutes ces idées semblent confirmées par les travaux récents.

En 1949, L. BAUD reprend l'analyse historique de la question, et à la suite d'une tournée sur les gisements, insiste à nouveau sur leur origine profonde, l'absence de minéraux classiques de gangue, la relation avec la tectonique et le rôle d'écran possible joué par la couverture gréseuse. Pour lui, la minéralisation est post-schisto-gréseuse. Aidé de ses observations personnelles du Katanga et en Rhodésie, il reconnaît une certaine analogie entre les types de minéralisation, mais s'étend surtout sur le problème des corrélations stratigraphiques.

A partir de cette date, un grand nombre de géologues travaillent au Niari, et je ne rapporterai ici que les idées nouvelles dont j'ai eu connaissance.

Pour J. CARRE (1950), l'origine est indubitablement hydrothermale, et l'analogie avec le Katanga très grande. Il dit la nécessité de rechercher le cobalt au Niari. A la même époque, E. RAGUIN (1950) visitant les recherches du Bas-Congo belge, souligne l'abondance des vanadates et leur suppose une origine supergène par lessivage.

J. GEFFROY (1952) analyse des échantillons que je lui ramène de Boko-Songo : les chalcopyrites ne présentent pas d'exsolutions caractéristiques des hautes températures ; les blends, quoique moins ferrifères que les blends épithermales, n'en présentent pas non plus ; les minéraux caractéristiques de haute température manquent (le mispickel n'existait pas dans ces échantillons) ; le type de minéralisation est donc "mésothermal assez froid" et sa genèse peut être décrite ainsi : pyritisation et silicification à grande échelle des dolomies, suivies de la minéralisation Cu - Pb - Zn.

A la quatrième conférence géologique du Niari, en 1952, A.T. GRIFFIS souligne le rôle des directions combiennes et subméridiennes. Pour lui aussi, le minerai est d'origine hydrothermale, probablement mis en place par des solutions diluées, à basse température et à pression élevée.

On peut constater la quasi-unanimité des auteurs pour attribuer aux minéralisations du Niari une origine épigénétique. Dans cette hypothèse, le minerai est considéré soit comme minerai de remplissage, soit comme minerai de substitution. Sa nature profondément remaniée est soulignée partout, mais les opinions divergent sensiblement sur sa nature primitive. L'importance des facteurs tectoniques et stratigraphiques de contrôle est de mieux en mieux reconnue. Les comparaisons avec le Copperbelt restent incertaines.

Le présent travail vient donc s'inscrire à la suite des autres ; quelques faits nouveaux, une plus grande somme d'observations peut-être, permettent de préciser le problème. Mais il n'est pas possible d'envisager sa solution définitive, et le paragraphe suivant sera largement hypothétique.

B - ESSAI METALLOGENIQUE THEORIQUE -

Reprenant d'anciennes positions, les métallogénistes centre-africains sont actuellement les tenants de deux grands groupes d'hypothèses : les uns attribuent aux gisements une origine épigénétique, les autres une origine syngénétique ; c'est-à-dire que pour les premiers, les éléments utiles qui constituent les gîtes ont été introduits dans la roche encaissante à partir d'une source extérieure, tandis que pour les seconds, ils en font partie et ont été mis en place en même temps ou presque que les minéraux qui la constituent. Ici, cette roche est partout un sédiment indiscutable, et nous retrouvons une forme de la vieille querelle des Plutoniens et des Neptuniens. Chacune de ces hypothèses de base est assortie d'hypothèses annexes :

- les épigénéticiens supposent en général un magma profond et caché, d'où seraient originaires les solutions hydrothermales minéralisantes. C'est la métallogénie classique de De LAUNAY et de LINDGREN.

- les syngénéticiens imaginent un mouvement des métaux à l'échelle ionique, capable de concentrer dans un filon les substances contenues dans la roche qui l'encaisse, par secrétion latérale.

Ceci est un résumé très schématique d'une situation plus nuancée en fait.

La plupart des géologues rhodésiens soutiennent l'origine syngénétique de leurs gisements. Les géologues du Katanga au contraire sont épigénéticiens ; ceci tient d'abord aux différences de nature entre les gîtes de Rhodésie du Nord et les gîtes du Katanga. Mais ces divergences d'opinion ont soulevé une discussion scientifique du plus haut intérêt métallogénique, toute entière consignée dans les numéros 1955 des revues "Economic Geology" et "Bulletin of Institution of Mining and Metallurgy".

1°) Origine épigénétique des minerais au Niari.

Nous avons vu que les gisements du bassin du Niari offrent dans leur ensemble plus de ressemblance avec ceux du Katanga qu'avec ceux de la Rhodésie

du Nord. Et, comme au Katanga, une origine épigénétique apparaît dès l'abord la plus vraisemblable. Les faits qui, parmi ceux que nous avons étudiés précédemment, militent le plus en faveur de cette hypothèse sont les suivants :

- la minéralisation est étroitement liée aux systèmes de fractures, aussi bien à grande qu'à petite échelle. Les accidents préférentiellement minéralisés relèvent vraisemblablement de la tectonique du socle et sont très profonds. Dans le détail, les gîtes sont indubitablement des gisements de remplissage de fractures ouvertes, avec faible remplacement de leurs épontes. La mise en place de la minéralisation est presque contemporaine de la formation des accidents ;

- dans des terrains aussi dissemblables que grès et dolomie, le minerai reste à peu près le même. On n'observe pas de minéralisation disséminée dans de grandes étendues de la roche encaissante ;

- minéralogiquement, le minerai comprend des minéraux qui, dans l'état actuel des connaissances, se forment à assez haute température : le mispickel et les arséniures de cobalt, la pyrite et la chalcoppyrite, la blende et la galène. Les textures et les associations observées dans ces minerais sont classiquement épigénétiques.

Dans le même sens, existent des observations qui s'opposent à une origine syngénétique et constituent des arguments négatifs. Ce sont :

- l'existence incontestable de deux phases successives de minéralisation, apportant chacune des métaux différents : Fe, Co d'abord, Cu, Pb, Zn ensuite,

- l'absence d'un zonage quelconque, vertical ou horizontal dans la minéralisation, ou même d'une relation nette avec les caractéristiques paléogéographiques du Système du Congo occidental,

- l'incompatibilité de l'uranium syngénétique avec une gangue carbonatée, comme à M'Passa par exemple.

Mais il y a aussi des faits qui fournissent des arguments contraires :

- la minéralisation est incontestablement liée à des niveaux bien définis de l'échelle stratigraphique. On peut penser que ce sont ceux dont les roches présentent le degré de "compétence" approprié, tel que nous l'avons envisagé plus haut (p. 80),

- il n'y a pas dans le minerai de minéraux de gangue autre que ceux qui peuvent provenir de la roche encaissante. Cette provenance est probable si on constate que la dolomite et la calcite, fréquentes dans les minerais encaissés dans le Schisto-calcaire, manquent quasi-totalement dans ceux qui sont encaissés dans le Schisto-gréseux,

- le minerai conserve une composition minéralogique constante sur une très grande surface,

- on ne connaît nulle part de "magma" susceptible d'avoir donné naissance aux minéralisations.

Au vu de ce bilan, basé sur des faits d'observation, je considère une

origine épigénétique des minéralisations du Niari comme la plus plausible. On pourrait essayer de maintenir l'hypothèse syngénétiste en faisant intervenir la sécrétion latérale et les remaniements dus au métamorphisme. C'est la position des géologues sud-africains pour les gisements de Rhodésie (J.J. BRUMMER, 1955). Les phénomènes de migration ionique et leur contrôle par les facteurs physiques de la diffusion dans les dolomies (R.A. MACKAY, 1946), y joueraient un grand rôle. Mais nous avons vu (p. 58) qu'aucun métamorphisme notable ne s'est fait sentir au Niari, contrairement à la Rhodésie; les couches à anhydrite n'en portent pas trace.

En toute rigueur, des recherches de traces métalliques dans nos roches encaissantes seraient utiles pour conclure définitivement. Il n'en reste pas moins que l'hypothèse syngénétiste reste assez gratuite au Niari dans l'état actuel des connaissances.

2°) Possibilité d'une reprise hydrothermale secondaire.

Si donc on peut considérer valablement que la minéralisation a été introduite dans les couches où nous la trouvons maintenant, deux questions se posent :

- d'où vient-elle ?
- comment a-t-elle été transportée ?

H. SCHNEIDERHOHN (1941) a montré que la circulation des eaux thermales, à l'occasion de phases orogéniques, de retours en profondeur ou de mouvements épirogéniques, pouvait provoquer une remise en mouvement secondaire des minéralisations et les redéposer sans l'intervention d'un magma déterminé.

Dans notre cas, en l'absence de "magma" génétiquement lié aux gîtes minéraux, il est logique d'examiner si on peut considérer les minéralisations comme "reprises" à partir de minéralisations antérieures. Les faits qui soutiennent une telle hypothèse sont les suivants :

- tectonique épirogénique, qui "calque" les accidents de la couverture sur ceux du socle. Ce sont les termes mêmes employés par H. SCHNEIDERHOHN (1952) pour décrire la tectonique liée à la reprise secondaire hydrothermale.
- absence de magma visible, générateur de minéralisation,
- absence de zonalité, tant verticale, qu'horizontale, qui serait une caractéristique des gîtes d'origine "magmatique",
- profondeur des phénomènes de cémentation : la chalcocite pourrait avoir une origine ascendante mais "froide" ;
- inversions de l'ordre de cristallisation de la blende et de la galène (J. GEOFFROY, 1951) ;
- la minéralisation semblable de roches de nature différente, qui suggère des conditions physico-chimiques de mise en place telles que l'altération des éponges était nulle ou presque ; ces dernières n'ont guère eu d'influence "chimique"

sur la minéralisation ;

- l'absence de minéraux de gangue étrangers à la roche encaissante.

En ce qui concerne le mode de transport des minéralisations, on a déjà invoqué les solutions salines concentrées pour les gisements de Mississippi-Valley aux Etats-Unis (R.M. GARRELS, 1946) et ceux qui sont liés au Trias nord-africain (J. BOLZE, 1952) ; J. GEOFFROY (1951) imaginait des solutions carbonatées pour les gîtes du bord Sud du Massif central français.

Dans le cadre de l'hypothèse de la reprise hydrothermale secondaire, j'introduis ici, pour les gisements du Niari, l'hypothèse de travail d'un transport par des solutions siliceuses. Il est encore beaucoup trop tôt pour avoir une idée précise de la nature réelle de telles solutions que je supposerais volontiers être plutôt des hydrosols, dans le sens où nous l'avons envisagé à propos des chapeaux de fer (p. 199 et suivantes).

Les structures spéciales qui ont été décrites à la Grande-Mine et à Hapilo (association poéclitique quartz-pyrite) peuvent être considérées comme un fait venant appuyer cette hypothèse.

L'origine même de la silice peut être trouvée dans les nombreuses couches siliceuses que les eaux responsables de la "reprise" pourraient facilement avoir traversées à la faveur des grands accidents profonds.

L'origine des métaux est beaucoup plus difficile à imaginer dans le cadre restreint du Niari. Nous avons vu que les couches inférieures du Système du Congo occidental peuvent présenter des minéralisations d'un type différent de celles qui nous occupent : filons quartzeux du SC I^b avec galène ou chalcoppyrite. On connaît aussi d'autres filons minéralisés encaissés dans les systèmes inférieurs. Enfin, les laves intrusives associées à la Tillite inférieure et qui constituent les plus récentes manifestations éruptives de la région peuvent parfois contenir des mouches de pyrite et de chalcoppyrite.

L'étude détaillée des minéralisations des couches inférieures à celles du Niari est encore peu avancée ; dans la zone même des gisements, aucune reconnaissance profonde n'a été effectuée. Force est donc de constater que les faits sont tout à fait insuffisants pour imaginer l'origine de la minéralisation dans l'hypothèse d'une reprise secondaire.

Examinons maintenant les principales objections :

- D'abord, les minéralisations du Niari ne rassemblent pas toutes les caractéristiques que les auteurs ont énuméré pour les minerais "repris". Les blends n'y sont pas spécialement pauvres en fer, la pyrite est abondante et les associations minérales, quoique monotones, sont complexes et non "pauvres".

Mais ces caractères sont généralement attribués au mécanisme, au "chimisme" même de la reprise (E. RAGUIN, 1952). Dans le cadre de mon hypothèse de "reprise siliceuse", il est possible que ces difficultés se résolvent. On apprécie ainsi l'utilité qu'aurait une étude physico-chimique précise des solutions et pseudo-solutions complexes de silice et d'ions métalliques.

- On doit ensuite considérer la question de l'âge absolu de la minéralisation en fonction des hypothèses précédentes. Admettons (voir p. 211) que la reprise hydrothermale secondaire ne modifie pas le rapport des isotopes. L'âge des minéralisations actuellement trouvées au Niari serait donc non celui de leur mise en place actuelle, mais celui de la minéralisation "originelle" à partir de laquelle elles seraient reprises. Comment se fait-il alors que ces âges soient les mêmes en des points divers du bassin du Niari, qui recouvre assez vraisemblablement des systèmes du socle d'âges différents ? Cette objection prend une bien plus grande valeur lorsqu'on l'étend à toute la province congolaise et qu'on constate que toutes les minéralisations du Système du Congo occidental ont le même âge : 630 millions d'années (L. CAHEN, 1954-b).

3°) Comparaison avec le Copperbelt (Katanga-Rhodésie).

Les analogies que nous avons soulignées entre les minerais du Katanga et du Niari, jointes au fait que les galènes qui en font partie ont le même âge conventionnel, suggèrent d'examiner si on peut envisager les hypothèses précédentes pour le Copperbelt Katanga-Rhodésie. En d'autres termes, peut-on supposer que les minéralisations du Katanga aient été "reprises" à partir de minéralisations stratiformes du type "Roan Antelope", encaissées d'ailleurs dans des couches stratigraphiquement moins élevées ?

Si cette hypothèse était viable, elle permettrait de concilier l'origine syngénétique des gisements stratiformes rhodésiens avec l'origine épigénétique des gîtes du Katanga.

Les arguments positifs sont à nouveau l'absence d'un magma originel, l'absence de zonalité au Katanga, la profondeur des phénomènes d'altération, etc... ; on peut aussi considérer la différence même d'allure des minéralisations du Katanga et de Rhodésie comme une présomption favorable.

Mais le caractère le plus certain d'une minéralisation "reprise" est d'être postérieure à celle dont elle provient. Si la minéralisation de Rhodésie est syngénétique, elle est d'âge Roan inférieur, et antérieure à la tectonique kundelungienne ; la minéralisation du Katanga est post-kundelungienne. Or des mesures d'âge absolu conduisent à donner le même âge aux minerais stratiformes de Rhodésie et à ceux du Katanga. C'est là une objection majeure (L. CAHEN, 1955, a, et C.F. DAVIDSON, 1955).

1.- On ne connaît pas de galène dans le minerai rhodésien ; la comparaison porte sur des minéraux radioactifs. Mais l'âge mesuré sur ces derniers dans le minerai stratiforme rhodésien est celui de leur dernière recristallisation, due ici au métamorphisme général ; rien n'empêche que le minerai syngénétique originel n'ait été plus ancien, et que ce métamorphisme général soit pratiquement contemporain de l'orogénèse et de la minéralisation kundélungienne. L. CAHEN objecte qu'on devrait au moins retrouver en Rhodésie une partie du plomb provenant de la désintégration de l'uranium originel avant métamorphisme ; c'est-à-dire pendant le temps écoulé entre le Roan inférieur et l'orogénèse kundélungienne. Or, il n'y a pas de plomb libre dans le minerai rhodésien.

2.- Mais l'âge des galènes du Katanga, si elles avaient été "reprises", devrait être celui du minerai originel, puisque nous admettons ici que la reprise ne modifie pas le rapport des isotopes du plomb. Il devrait donc être plus ancien que celui des minéraux radioactifs du Katanga. Dans l'état actuel des connaissances, il n'en est rien, et cela infirme l'hypothèse d'une reprise au Katanga.

On peut tout de même se demander si la durée écoulée entre le dépôt du minerai originel et sa "reprise", autrement dit la durée qui sépare le dépôt du Roan inférieur de l'orogénèse kundélungienne, ne pourrait être inférieure à l'erreur faite sur les déterminations d'âge absolu. En effet, si la durée comprise entre le dépôt du Roan inférieur et l'orogénèse kundélungienne était assez faible, les objections précédentes 1.- et 2.- perdraient de leur force. Il me semble que les faits précis manquent encore pour se faire une opinion.

Finalement, si on se souvient que la conservation des rapports isotopiques dans la reprise hydrothermale est largement hypothétique, on doit convenir qu'il n'est pas encore possible de conclure définitivement à l'aide des mesures d'âge absolu. Mais c'est la bonne voie pour y parvenir, et la discussion précédente a surtout pour but d'en montrer l'intérêt.

4°) Aspects géochimiques.

Toujours sur le plan général de la "province congolaise", je voudrais attirer l'attention sur quelques aspects géochimiques de la question.

L'unité, en même temps qu'un de leurs caractères les moins bien expliqués, des minéralisations du Bas-Congo belge et français et du Copperbelt est la monotonie de leurs associations minérales. Si on se réfère aux règles de GOLDSCHMIDT, on peut classer ainsi les métaux rencontrés :

Sidérophiles	Chalcophiles	Lithophiles
Fe	Cu	V
	Zn	
Co	Pb	U
	Ag, Cd, Au, etc..	

Dans les deux premières colonnes, nous retrouvons les métaux de nos deux "phases" du minerai du Niari. Or, SULLIVAN (1954) a insisté sur le fait que la concentration simultanée du cobalt et du vanadium avec le cuivre en particulier par le processus de granitisation n'était guère probable. Une concentration par des processus sédimentaires semble géochimiquement beaucoup plus vraisemblable. Cette remarque vient donc à l'appui de notre hypothèse. Il est difficile de suivre ensuite SULLIVAN (1948) pour attribuer le réarrangement des minéralisations du Katanga ou du Niari au métamorphisme général et à la granitisation. J.J. BRUMMER et A. GARLICK ont montré que les granites de Rhodésie étaient tous antérieurs au système du Katanga ; nous avons vu plus haut (p. 58) qu'aucun métamorphisme ne s'est exercé sur les terrains du Système du Congo occidental.

Par contre, l'hypothèse de départ de SULLIVAN, à savoir que les éléments sidérophiles et chalcophiles rencontrés actuellement dans la croûte, y ont été apportés par des épanchements "volcaniques" basiques à grande échelle pourrait être utile en suggérant une explication à la monotonie des associations minérales sur une aussi vaste région.

Les éléments lithophiles, U et V, auraient une origine première toute différente : ils proviendraient de la croûte silicatée elle-même. Le vanadium des gisements actuels résulte très probablement du lessivage des formations environnantes, en particulier des grès. On sait que dans les grès rouges, le vanadium peut remplacer Fe^{+++} et Ti^{+++} ; sa teneur moyenne y atteint 500 g/t.

Tout en réalisant le caractère largement hypothétique des idées qui précèdent, il me semble qu'elles peuvent être stimulantes dans l'étude des gîtes du centre africain. Ils font partie des gisements des vieilles plate-formes dont F. BLONDEL (1936) a si bien souligné les caractères spéciaux et pour lesquels H. SCHNEIDERHÖHN posait récemment (1952-b) les problèmes essentiels : le présent essai n'est qu'une tentative pour les aborder.

- ORIENTATION DES FUTURES PROSPECTIONS DANS LE BASSIN DU NIARI -

Plutôt que par les idées très générales exposées plus haut, je préfère conclure ce mémoire par quelques considérations intéressant la prospection minière au Niari.

Je soulignerai d'abord l'influence très grande que les conceptions métallogéniques théoriques ont eu dans le passé ; c'est ainsi qu'on a au début surtout exploré la zone du contact grès-calcaire, puis le Schisto-gréseux ... Parce que trop souvent ces conceptions n'étaient pas assez solidement basées sur des faits, les dépenses engagées en recherches l'ont souvent été sans résultats utiles. Une fois de plus, le travail préliminaire de reconnaissance géologique a été trop

négligé. Il n'est pas inutile de répéter que sans lui aucune prospection minière ne peut être rationnellement organisée.

Nous avons établi le bilan des faits acquis à peu près certainement aujourd'hui sur le bassin du Niari ; les prospections futures devront logiquement se baser sur eux et on peut donc en définir les grandes lignes :

- il faut rechercher d'abord les accidents tectoniques combiens et sub-méridiens et analyser en détail leur structure. Ceci est vrai à toutes les échelles; les moyens à employer sont la carte géologique dressée sur le terrain et sur photographies aériennes. Malgré la végétation et les recouvrements, la géomorphologie au Niari est si bien liée à la tectonique, qu'on ne saurait plus raisonnablement y négliger la photogéologie en prospection. Pour les études de détail, il faut développer l'emploi des méthodes géophysiques et géochimiques (en comprenant ces dernières comme des recherches de traces dans les roches saines);

- ensuite, on examinera les horizons favorables affectés par les accidents : grès arkosiques, dolomies et calcaires, toutes les roches "compétentes";

- l'analyse des formations minéralisées découvertes devra porter sur tous les métaux cités page 205 : V, Fe, Co, Cu, Zn, Ag, Cd, Pb, U et aussi Au, Ge, Pd, et autres, connus au Katanga.

Ces règles générales supposent l'existence de cartes topographiques précises, de photographies aériennes et d'un personnel spécialisé. C'est dire que la recherche minière doit coûter cher. Pour être payante, il faut aussi qu'elle soit conçue sur des espaces et des durées assez grandes.

Quelles sont les chances de réussite ? L'expériences acquise semble montrer que dans les zones étudiées jusqu'ici, il n'existe guère de gros gisements. Dans le Schisto-gréseux, les teneurs sont plus faibles pour des tonnages plus importants que dans le Schisto-calcaire. Au sein de ce dernier se posent la plupart du temps de graves problèmes d'exhaure qui grèvent lourdement les prix de revient.

On n'a pratiquement exploité jusqu'ici que les minerais oxydés ou cimentés, et là où les processus secondaires ont provoqué un enrichissement. Les servitudes locales : problème des transports, coût des installations, éloignement des marchés, imposent encore au minerai des teneurs élevées quand il ne se présente pas en très grandes quantités.

Jusqu'à présent, la limitation des tonnages disponibles des gisements individuels a constitué l'obstacle essentiel au développement de l'industrie minière au Niari. C'est pourquoi de récents projets (EMAC-SOMINIA) avaient envisagé de grouper en une seule opération tous les gisements individuels d'une zone déterminée. Bien que ces projets n'aient pas abouti, il me semble très probable

que cette formule resterait, le cas échéant, la mieux adaptée aux données économiques du problème. Peut-on dire que le bilan peu optimiste actuel ait une valeur définitive ? Je ne le pense pas. Pour des raisons surtout morphologiques et historiques, c'est surtout le SC III qui a été exploré, et en bordure du plateau des Cataractes où il affleure. La prospection du Schisto-gréseux a été entamée, elle ne peut être considérée comme complète. Que dire alors des autres niveaux du Schisto-calcaire, où des roches a priori minéralisables existent ?

Il faut aussi se souvenir de l'expérience du Katanga, qui n'a révélé ses énormes possibilités économiques qu'au prix d'un effort opiniâtre de 30 ans, soutenu par des capitaux considérables (M. ROUBAULT, 1946).

Jusqu'ici, les productions réalisées n'ont concerné que des minerais de la zone d'oxydation :

- 6 000 t de cuivre métal à Mindouli de 1911 à 1932;
- environ 50 000 t de plomb et 10 000 t de zinc à M'Fouati de 1937 à 1954.

Si, sur un plan général, on considère cette production comme préliminaire, il ne semble même pas qu'on ait encore dépensé en recherche d'exploration et de prospection au Niari des sommes comparables à la valeur qu'elle représente.

Bien que la production de minerais utiles ait été limitée à deux points particuliers, les indices minéralisés sont très nombreux et répartis sur une grande surface. Le nombre de ces indices et leur vaste répartition, jointes aux analogies géologiques certaines avec le Copperbelt centre-africain sont les raisons majeures pour une poursuite opiniâtre des prospections dans la région.

Je souhaite donc que l'oeuvre entreprise soit poursuivie et que ce travail puisse y contribuer quelque peu.

- BIBLIOGRAPHIE -

- A -

- [1] ALLEN E.T., CRENSHAW I.L., JOHNSTON L., LARSEN E.S. (1912)
Die mineralischen Eisensulfide. - Zeitung Anorg. Chem. 76, p. 201-273.
- [2] Van AUBEL (1928)
Sur les minerais de cuivre de la Haute LUFIRA (KATANGA). - Bull. Soc. Min. Franç. 51, p. 161.
- [3] AVIAS J. (1949)
Note préliminaire sur quelques phénomènes actuels ou subactuels de pétrogenèse et autres dans les marais côtiers de Moïndon et de Canala (Nelle Calédonie). - Bull. SGF, n° 13, p. 277.

- B -

- [4] BABET V. (1929)
Etude géologique de la zone du chemin de fer Congo-Océan et de la région minière du Niari et du Djoué. - LAROSE, Paris.
- [5] BABET V. (1932)
Observations géologiques dans la partie méridionale de l'A.E.F. - LAROSE, Paris.
- [6] BARRAT M. (1895)
Sur la géologie du Congo français. - Annales des Mines, 9ème série, mémoire t.VII, p. 379-510.
- [7] BASTIN E.S., GRATON L.C., LINDGREN W., NEWHOUSE W.H., SCHWARTZ G.M., SHORT M.N. (1931)
Critères donnant l'âge relatif des minéraux des minerais en section polie. - Econ. Geol., vol. 26, n° 6.
- [8] BATEMAN A.M. (1949)
Economic mineral deposits. - J. WILEY and sons, New-York.

- [9] BAUD L. (1949)
Contribution aux études géologiques, tectoniques et métallogéniques de la Vallée du Niari. - Rapport inédit au Service des Mines de l'A.E.F. Brazzaville, 8/5/1949.
- [10] BAUD L. (1950)
Etude descriptive des séries de la rivière Bouenza au Moyen-Congo. - Bull. S.G.F., t. XX, p. 57.
- [11] Van BEMTELEN R. (1955)
Tectogenèse par gravité. - Bull. Soc. Bel. Géol. pal. hydr., t. LXIV, fasc. 1, p. 95.
- [12] BERTRAND M.F. (1923)
Note sur les gisements métallifères du Niari. - Ann. Soc. Géol. Belgique, t. XLIV, annexe 1.
- [13] BEUGNIES A. (1950)
La tectonique kundelungienne. - Communication n° 76, Congrès Elisabethville, Août 1950, vol. II.
- [14] BIGOTTE G. (1954)
Observations sur la géologie de la partie Ouest du bassin minéralisé du Moyen-Niari. - Sciences de la Terre, t. II, n° 3-4, Nancy.
- [15] BLANCHARD R., BOSHVELL P.F. (1925 à 1935)
Articles successifs sur les produits d'oxydation des sulfures. - Economic Geology, volumes 22, 25, 29, 30.
- [16] BLANCHARD R. (1944)
Composition de 20 "limonites" typiques. - Amer. Mineral, t. 29.
- [17] BLONDEL F. (1935)
La géologie et la minéralisation du sud de l'A.E.F. - Rapport inédit, I - I - 1935.
- [18] BLONDEL F. (1936)
La Géologie et les Mines des vieilles Plateformes, Paris. - Bureau d'études géologiques et minières coloniales.

- [19] BOISCHOT, DURROUX et SYLVESTRE (1950)
Fixation du fer et du manganèse dans les sols calcaires. - Ann. INRA, série A. 1ère année, n° 3.
- [20] BOISCHOT P., QUILLON P. (1952)
Fixation du cuivre dans les sols calcaires. - Ann. INRA, série A, 1ère année, n° 3.
- [21] BOLZE J., SCHNEIDERHÖHN H. (1951)
Métallogénie hydrothermale dans les Monts de Tébour Souk (Tunisie). - Bull. S.G.F., t. 1, fasc. 7.
- [22] BOLZE J. (1952)
Diapirisme et métallogénie en Tunisie. - C.R. Congrès Alger 1952, fasc. XII.
- [23] BOSAZZA V.L. (1955)
"Discussions". - Bull. Inst. Mining and Met., n° 584, vol. 64, juillet.
- [24] BOURCART J., RICOUR J. (1952)
Essai sur les conditions de sédimentation des niveaux salifères du Trias. - C.R. Congrès Alger 1952, section XIII.
- [25] BRANDES M.C. (1949)
La série de la M'Fidi. - Bull. Soc. bel. géol. pal. hydr., t. LVIII. Décembre.
- [26] BRUGIERES J.M. (1952)
Etude pédologique de la vallée du Niari. - Novembre 1952. - Rapport inédit Inst. Etudes Centrafricaines. Brazzaville. A.E.F.
- [27] BRUMMER J.J., GARLICK A. (1951)
Age of the granites of the Northern Rhodesian copperbelt. - Econ. Geol., vol. 46 n° 5, Août.
- [28] BRUMMER J.J. (1955)
Geology of the Roan Antelope orebody. - Bull. of Inst. of Min. and Metall., n° 580, mars.

- [29] BUERGER W.W. (1941)
The chalcocite problem. - Econ. Geol., t. 36, n° 1.
- [30] BULLARD E.C., WILSON J.T. (1954)
Report on radioactivity, age of minerals and heat flow, assemblée de Rome de l'Assoc. de Séismologie et de Physique de l'Intérieur de la Terre, Sept. 1954.
- [31] BUTTGENBACH H. (1913)
Scorodite de Boko-Songo (Congo). - Bull. Sté franç. Minéralogie., t. 36, p. 42.
- [32] BUTTGENBACH H. (1947)
Les minéraux de Belgique et du Congo Belge. - DUNOD, Paris.

- C -

- [33] CAHEN L. (1945)
La stratigraphie des formations anciennes antérieures à la Tillite du Bas-Congo. - Bull. Serv. géol. Congo belge, n° 1.
- [34] CAHEN L., MORTELMANS G. (1946)
Acquisitions nouvelles concernant la géologie du Katanga central. - Bull. Serv. géol. Congo belge, n° 2.
- [35] CAHEN L., LEPERSONNE J. (1946)
Essai de corrélation entre les terrains anciens du Sud du Bassin du Congo. - Bull. Serv. géol. Congo belge, n° 2.
- [36] CAHEN L., JAMOTTE A., LEPERSONNE J., MORTELMANS G. (1946 - a)
Note préliminaire sur les algues des séries calcaires anciennes du Congo belge. - Bull. Serv. géol. du Congo belge, n° 2, fasc. II.
- [37] CAHEN L., JAMOTTE A., LEPERSONNE J., MORTELMANS G. (1946 - b)
Aperçu sur les questions des algues des séries calcaires anciennes du Congo belge et essai de corrélation. - Bull. Sté belge géol. pal. hydr., t. IV, fasc. 1.

- [38] CAHEN L. (1947)

Les glaciations pré-Karoo du Bassin du Congo et de l'Afrique australe. - Bull. Sté. belg. géol. pal. hydr., t. LVI, fasc. 1 - 2.

- [39] CAHEN L., LEPERSONNE J. (1948)

Notes sur la géomorphologie du Congo occidental. - Ann. du Musée royal du Congo belge, vol. 1.

- [40] CAHEN L. (1950 - a)

A propos de l'apparence de continuité du contact Schisto-gréseux - Schisto-calcaire au Moyen-Congo et au Bas-Congo belge. - C.R. somm. S.G.F., 6 nov. 1950, n° 13.

- [41] CAHEN L. (1950 - b)

Le calcaire de Sekelolo, le complexe tillitique et la dolomie rose C.I. - Ann. Musée royal Congo belge, vol. 7.

- [42] CAHEN L. (1951)

Chronologie des terrains anté-Karoo à l'Est du bassin du Congo. - Bull. Sté belg. géol. pal. hydr., t. XL, fasc. 1.

- [43] CAHEN L., LEPERSONNE J. (1951)

Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi au 1/2.000.000, et notice explicative.

- [44] CAHEN L. (1952)

Le Précambrien du Congo belge et sa corrélation avec celui d'autres parties du monde. - C.R. Congrès Alger, 1952, fasc. 1.

- [45] CAHEN L. (1954 - a)

Résultats chronologiques obtenus sur des minéraux du Congo jusqu'en mai 1954. - Ann. Soc. géol. belge., t. LXXVII.

- [46] CAHEN L. (1954 - b)

Extension et âge d'une minéralisation Cu-Pb-Zn en Afrique centrale et australe. - Bull. Sté belg. géol. hydr. pal., t. LXIII, fasc. 1.

- [47] CAHEN L. (1954 - c)

Géologie du Congo belge. - VAILLANT-CARMANNE, Liège.

- [48] CAHEN L. (1955 - a)
"Discussions". - Bull. Inst. Mining and Metall. London, juillet 1955.
- [49] CAHEN L. (1955 - b)
Notes inédites, communication personnelle.
- [50] CAILLERE S., KRAUT F. (1954)
Les gisements de fer du bassin lorrain. - Mém. du Muséum national d'Histoire Naturelle, série C., t. IV, fasc. 1, Paris.
- [51] CARLIER A. (1953)
Bassin de la Louvisie occidentale. - Rapport C.E.A. inédit 22-1-53.
- [52] CARRE J. (1950)
Rapport Syndicat SMMP - CMCF, inédit.
- [53] CAYEUX L. (1909)
Les minerais de fer géologiques de France, fasc. 1, Paris.
- [54] CAYEUX L. (1930)
Existence de deux groupes d'algues à structure conservée dans le Schisto-calcaire du Congo français. - C.R. Ac. Sc., t. 190.
- [55] CAYEUX L. (1931)
Existence de restes organiques et notamment d'algues siphonnées verticellées dans le Schisto-calcaire du Congo belge. - C.R. Ac. Sc., t. 193.
- [56] CHOUBERT G., du DRESNAY R., HINDERMEYER J. (1950)
Sur les calcaires à *Collenia* de la région de Saf-Saf-Aïn-Chaïr. - Notes du Serv. géol. du Maroc, n° 78, t. III, p. 93.
- [57] CLAVEAU J. (1952)
Compte-rendu critique des minéralisations les plus importantes de la vallée du Niari. - Rapport inédit Emac - Sominia (Septembre 1952).

- [58] COPPENS R. (1949)

Etude de la radioactivité de quelques roches par l'émulsion photographique. - Thèse, Paris 1949.

- [59] COPPENS R., VERNONIS G. (1952)

Détermination expérimentale du coefficient d'absorption des rayons α d'un corps de composition chimique inconnue, et recherche de la teneur en U et en Th d'un corps radioactif par autoradiographie. - C.R. Ac. Sc., t. 234, p. 1974.

- [60] CORRENS C.W. (1952)

Les roches sédimentaires, traduit par J. Follet, Service de la Carte Géologique d'Algérie, Alger 1952 : T.W. BARTH, C.W. CORRENS, P. ESKOLA : Die Entstehung der Gesteine, Berlin, 1939.

- [61] COSSON J. (1953)

Coupure géologique Pointe-Noire. - Rapport de la Direction des Mines et de la Géologie d'A.E.F., p. 162 a - 162 g.

- [62] COSSON J. (1953)

Coupure géologique Brazzaville. - Rapport annuel 1953, D.M.G. A.E.F.

- [63] COSSON J. (1955)

Notice explicative sur les feuilles Pointe-Noire et Brazzaville, Gouv. gén. de l'A.E.F., Brazzaville.

- [64] COTTON G.A. (1950)

Tectonic scarps and fault-valleys. - Bull. Geol. Soc. Am., vol. 61, n° 7, juillet.

- [65] CUVILLIER J. (1952)

La notion de microfacies et ses applications. - 7ème Congrès national du méthane et du pétrole - Session I - Palerme.

- D -

- [66] DAVIDSON C.F. (1953)
"Discussion". - Bull. Inst. Min. and metall. London, février 1953, n° 567.
- [67] DAVIS C.R. (1954)
Origin of Roan Antelope copper deposits. - Econ. Geol., n° 6, vol. 49, septembre.
- [68] DEBYSER J. (1955)
Etude sédimentologique du système lagunaire d'Abidjan. - Revue Inst. franç. du pétrole, n° 5.
- [69] DELHAYE et SLUYS (1917)
La vallée d'érosion du Congo et ses antécédents tectoniques. - C.R. Ac. Sc., t. 165, p. 1108.
- [70] DELHAYE et SLUYS (1921)
Les grands traits de la tectonique du Congo occidental. - Ann. Sté géol. Belgique - Congo belge, annexe au tome XLIV.
- [71] DEMOLON A. (1948)
Dynamique du sol. - DUNOD, Paris.
- [72] DUPARC L. (1928)
Les gisements de cuivre de la région du Niari. - Rapport inédit.

- E -

- [73] EDWARDS A.B. (1947)
Textures of the ore minerals. - Australian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne.
- [74] ESKOLA P. (1946)
Kristalle und Gesteine. - (SPRINGER-VERLAG) Vienne.

- F -

- [75] FARRAN J., ORLIAC M. (1953)
Sur la transformation de l'anhydrite en gypse. - C.R. Congrès des Sociétés Savantes de Toulouse.
- [76] FAUL H. (1954)
Nuclear Geology. - WILEY and Sons, New-York.
- [77] FINATON Ch. (1935)
Formation des gisements salifères. - Revue de géog. physique et géomorph. dynam., vol. VIII, fasc. 3, p. 285.
- [78] FIRTION F.J. (1952)
Gypse et anhydrite triasique aux environs de Strasbourg. - C.R. Alger 1952, section XIII.
- [79] FISCHESSE R. (1950)
Cours de Minéralogie, Ecole des Mines. Paris.
- [80] FLANDRIN J., BRASSEUR R. (1955)
La photogéologie et son emploi. - Revue Inst. franç. du pétrole, n° 5.
- [81] FONDEUR G., GOTTIS M., ROUIRE J., VATAN A. (1952)
Quelques aspects de la dolomitisation au Jurassique et au Crétacé en France. - C.R. Congrès Alger 1952, fasc. XV, section XIII.
- [82] FORD W.E. (1948)
DANA's textbook of mineralogy. - New-York 1948.

- G -

- [83] GANGLOFF A. (1948)
Observations géologiques et prospection de la zone comprise entre Boko-Songo et la Louvisie occidentale. Dolisie. - 15-12-48. -(Rapport C.E.A. inédit).

- [84] GARRELS R.M. (1941)
The Mississippi valley type lead-zinc deposits and the problem of mineral zoning. - Econ. Geol. vol. 36, p. 729.
- [85] GEFFROY J. (1951)
Métallogénie hydrothermale et remaniements ascendants dans la Lozère - Extension possible du processus. - Bull. S.G.F., 6ème série, p. 389.
- [86] GEOFFROY J. (1952)
Etude microscopique de minerais de Boko-Songo. - Rapport C.E.A. inédit 9-4-52.
- [87] GEZE B. (1949)
La dolomitisation des calcaires de la montagne Noire et des Causses. - Bull. de la Société Hist. Nat. de Toulouse, 84, n° 1 et 2.
- [88] GIGNOUX M., AVNIMELECH M. (1937)
Genèse des roches sédimentaires bréchoïdes par "intrusion et éclatement". Bull. S.G.F. VII, p. 27.
- [89] GOGUEL J. (1952)
Traité de Tectonique. - MASSON, Paris.
- [90] GRIFFIS A.T. (1952)
Communication inédite à la 4ème conférence géologique du Niari. - Boko-Songo.
- [91] GYSIN M. (1953)
Les conditions de formation de la brèche du Bangu-Niari dans le Nord de l'Angola. - Arch. des Sciences, vol. 6, fasc. 6, Genève.

- [92] HANISSET P., WAEGEMANS G. (1949)
Solubilisation des sesquioxides de fer libres du sol. - C.R. Ac. Sc., t. 229, p. 1169.

[93] HINAULT J. (1953 - a)

Région de Boko-Songo au 1/50.000. - Rapport C.E.A. inédit, mai 1953.

[94] HINAULT J. (1953 - b)

Résultats de l'étude géologique, de la prospection détaillée et des travaux miniers dans le bassin de la Diangala supérieure. - 1er octobre 1953 - Rapport C.E.A. inédit.

[95] HOLMES A. (1946)

Nature, 157, 680.

[96] HOLMES A., CAHEN L. (1955)

African Geochronology, Colonial Geol. and Mineral resources, vol. 5, n° 1.

[97] HOUTERMANS F.G. (1947)

Zeitsch. F. Naturf. 2a, 322.

[98] HOUTERMANS F.G. (1953)

Nuovo Cimento, 10, 1623.

- J -

[99] JAMOTTE A. (1947)

Le raccord des systèmes schisto-dolomitique et schisto-calcaire en Afrique centrale. - Bull. Sté. bel. géol. pal. hydr., t. LVI, fasc. 3.

- K -

[100] KELLY W.C. (1953)

Approaches to the study of lead-zinc gossans. - Bull. Geol. Soc. Americ. n° 12.

[101] KIKOINE J., RADIER H. (1949)

Quartzites d'altération au Soudan oriental. - C.R. somm. S.G.F. p. 339.

- [102] KIKOINE J., RADIER H. (1950)
Silicification au Soudan oriental. - Bull. S.G.F., p. 168., t. XX, n° 10.

- L -

- [103] LAFFITE P. (1952)
Limites de stabilité de l'anhydrite. - Ann. des Ponts et Chaussées,
n° 6, Paris.
- [104] LAHEE (1952)
Field geology. - 5ème ed. MAC GRAW HILL, New-York.
- [105] de LAUNAY L. (1913)
Traité de Métallogénie, t. 1, BERANGER, Paris.
- [106] LE CHÂTELIER H. (1914)
La silice et les silicates. - HERMANN, Paris - p. 446.
- [107] LEGOUX P. (1943)
Esquisse géologique de l'A.E.F. - Bull. du Service des Mines
de l'A.E.F., n° 1 - Le Caire.
- [108] LEPERSONNE J. (1945)
La stratigraphie du système du Kalahari et du système du Karroo au
Congo occidental. - C.R. réunion géologues du Congo occ., Léopoldville,
10/11/12 déc. 1945.
- [109] LEPERSONNE J. (1948)
Note sur la stratigraphie du Schisto-gréseux. - Bull. Sté bel. géol.
pal. hydr., t. LVII, fasc. 2.
- [110] LEPERSONNE J. (1951 - a)
Données nouvelles sur la stratigraphie des terrains anciens du Bas-
Congo. - Bull. Sté belg. géol. pal. hydr., t. XL, fasc. 2.

[111] LEPERSONNE J. (1951 - b)

A propos des essais de corrélation entre terrains anciens du Bas-Congo et du Katanga. - Bull. Sté géol. pal. hydr., t. LX, fasc. 2.

[112] LEPERSONNE J. (1951 - c)

Observations géologiques dans le Nord de l'Angola et grands traits de la géologie du Congo occidental. - Ann. Sté géol. Belgique, LXXIV.

[113] LEPERSONNE J., CAHEN L. (1952)

Notice explicative de la carte géologique du Congo belge au 1/2.000.000, Bruxelles.

[114] LEVAT D. (1907)

Notice géologique et minière sur le bassin cuprifère du Kouilou-Niari. - Annales des Mines, janvier.

[115] LINDGREN W. (1953)

Mineral deposits. - MAC GRAW HILL, New-York.

[116] LOBECK (1939)

Geomorphology. - MAC GRAW HILL - New-York.

[117] LOMBARD A., CAHEN L. (1953)

Directives pour le levé de coupes lithologiques et stratigraphiques d'origine subaquatique. Université libre - Lab. de géol. et de pal. Bruxelles.

- M -

[118] MACKAY R.A. (1946)

The control of impounding structures on ore deposits. - Econ. Geol. vol. XLI, n° 1.

[119] MACKENSIE R.C. (1951)

Investigations in cold - precipitated hydrated ferric oxyde and its origin in clays - Symponium A.I.M.E., St-Louis (USA).

- [120] MAC NAUGHTON J.H.M. (1953)
The origin of Northern Rhodesia copper deposits. - Bull. Inst. Min. and Metall., n° 565 - décembre.
- [121] MASLOV V.P. (1953)
Principes de la nomenclature et de la systématique des Stromatolites. - Bull. Acad. Sc. U.R.S.S., série géologique, n° 4.
- [122] MATHIEU Ph. (1952)
Stratigraphie et sédimentologie de la série de la M'Fidi. - Ann. Musée royal Congo belge - Tervuren (Belgique).
- [123] MILLOT G. (1949)
Relations entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses, "Géologie Appliquée et Prospection Minière", n° 2-3-4, t. II, Nancy.
- [124] de MONTPELLIER A., LEPERSONNE J., CAHEN L. (1945)
Acquisitions nouvelles relatives à la Géologie du Système du Congo occidental. - C.R. réunion géologues du Congo occ. Léopoldville - 10.11.12 déc. 1945.
- [125] MOORE E.S., MAYNARD J.E. (1929)
Solution, transportation, and precipitation of iron and silica. - Econ. Geol., t. 24.
- [126] MORET L. (1947)
Précis de géologie. - MASSON, Paris.
- [127] MORET M. (1949)
Contribution à l'étude du dosage du magnésium dans les roches, "Géologie Appliquée et Prospection Minière", t. II, n° 1, Nancy.
- [128] NEWHOUSE W.H. (1942)
Ore deposits as related to structural features. - Princeton University press (USA).

[129] NICKLES M. (1952)

Notice explicative de la carte géologique de l'A.E.F. au 1/2.000.000, Paris.

[130] NICOLAÏ J. (1952)

Observations sur les séries sédimentaires du Niari.- C.R. Congrès Alger 1952, fasc. XX.

[131] NICOLAÏ J. (1955)

Recherche de minéralisations en cuivre, plomb, zinc dans le bassin du Niari (AEF). - C.R. Congrès Centenaire Industrie Minérale - Paris, juin.

- 0 -

[132] OHLE E.L. (1951)

The influence of permeability on ore distribution in limestone and dolomite. - Econ. Geol., vol. 46, n° 7, novembre.

[133] OOSTERBOSCH R. (1951)

Copper mineralisation in the Fungurume region, Katanga. - Econ. Geol., vol. 46, n° 2.

[134] ORCEL J. (1927)

Recherches sur la composition chimique des chlorites. - Bull. Sté franç. Minér. n° 1 et 2.

[135] ORCEL J. (1937)

Sur l'existence de l'erubescite orange et d'un nouveau sulfure double de cuivre et de fer dans l'erubescite de Vaulry (Hte-Vienne). C.R. 70 ème Congrès Stés Savantes, 26.

- P -

[136] PATTERSON C., TILTON G., INGRAM M. (1955)

Age of the Earth. - Science, vol. 121, n° 3134.

- [137] PETTIJOHN (1949)
Sedimentary rocks. - HARPER, New-York.
- [138] POSNJAK et MERWIN (1919)
The hydrated ferric oxydes. - Am. Journ. of Sci. 47, 311.
- [139] PRUVOST P. (1951)
L'Infracambrien.- Bull. Sté belg. géol. pal. hydr., t. LX, fasc. 1.

- R -

- [140] RAGUIN E. (1950)
Compte-rendu d'une visite au Syndicat BAMOKO. - Rapport Bumifom inédit, 19-9-1950.
- [141] RAGUIN E. (1952)
Ampleur de la métallogénie régénérée. - C.R. Congrès Alger 1952, fasc. XII.
- [142] REYRE D. (1954)
Sur la précision des dosages accélérés de la fraction carbonatée des roches sédimentaires. - "Sciences de la terre", t. II, n° 3 et 4, Nancy.
- [143] RIEDEL A. (1953)
Remarques sur la systématique et la valeur stratigraphique de quelques Stromatolites du Moyen-Congo. - Bull. Sté Géol. de France, t. 3, fasc. 7-8.
- [144] RIEDEL A. (1955)
Structure géologique et minéralisations dans le secteur de Renéville (Moyen Congo - A.E.F.). - C.R. somm. Sté géol. fr., 18 avril 1955.
- [145] ROUBAULT M. (1946)
"Trésors méconnus". - Ed. MARCO, Paris.
- [146] ROUKINE L.B. (1953)
Etude des formations sédimentaires, Léninegrad. Trad. Pietresson de St-Aubin. Ann. Centre Et. Doc. pal. n° 9, 1er trimestre 1955.

- [147] de SAINT-SEINE P. (1953)
Poissons fossiles de la cuvette congolaise. - C.R. somm. Sté géol. fr.,
n° 16, p. 343.
- [148] SCHNEIDERHÖHN H., RAMDOHR (1931)
Lehrbuch der Erzmikroskopie, BORNTAEGER, Berlin.
- [149] SCHNEIDERHÖHN H. (1941)
Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde, GUSTAV FISHER. Iena.
- [150] SCHNEIDERHÖHN H. (1952 - a)
La position génétique des gîtes métallifères post-triasiques de l'Afrique
du Nord française. - C.R. Congrès Alger 1952, fasc. XII.
- [151] SCHNEIDERHÖHN H. (1952 - b)
Genetische Lagerstattengliederung auf Geotektonischen Grundlage -
E. SCHWEIZERBASCH - Stuttgart.
- [152] SCHUILING H. (1947)
La tectonique des gîtes de cuivre du Katanga. - Congrès du Centenaire de
l'Association des Ingénieurs de Liège.
- [153] SCHÜRMANN H.M.E. (1954)
Remarks on stratigraphy, tectonics and metamorphosis with reference to
the Precambrian in Egypte. - BEIDEN, Geol. en Mijnbouw n° 8, p. 315.
- [154] SCHWARTZ G.M. (1951)
Classification and definitions of textures and mineral structures in
ores. - Econ. Geol. vol 46, n° 6.
- [155] SHORT M.N. (1940)
Microscopic determination of the ore minerals. - U.S. Geol. Survey,
Bull. 914.

- [156] SULLIVAN C.J. (1948)
Ore and granitisation. - Econ. Geol. Sept-Octobre., vol. 43, n° 6.
- [157] SULLIVAN C.J. (1954)
Metallic melting point and ore deposition. - Econ. Geol. vol. 49, n° 6.

- T -

- [158] TAYLOR J.H. (1955)
The lead-zinc-vanadium deposits at Broken-Hill, Northern Rhodesia. - Colonial Geol. and Min. Res. vol. 4, n° 4.
- [159] THOMMERET J. (1948)
Evaluation de la teneur en U des minerais par la méthode des rayonnements nucléaires. - "Le Radium", t. IX, série VIII, p. 249.
- [160] THONNARD R.L.G. (1954)
Utilisation de la photographie aérienne en géologie. - Bull. Soc. Géol. de Belgique, t. LXIII, fasc. 2, pp. 159 à 188.
- [161] THOREAU J. (1928)
Le gisement Prince Léopold à Kipushi. - Mém. Inst. Géol. de Louvain, t. IV, p. 263.
- [162] TILLEY C.E. (1948)
Premiers stades de métamorphisme dans les dolomies siliceuses. - Bull. Soc. Miner. of Gr. Br., vol. XXVIII, n° 200.

- U -

- [163] USIGLIO J. (1849)
Annales Chim. Phys., 31ème série, vol. 27, 1849.
- [164] UYTENBOGAARDT W. (1951)
Tables for microscopic identification of ore minerals. - Princeton, Univ. Press (U.S.A.).

- V -

[165] VATAN A. (1949)

Sédimentation continentale tertiaire dans le bassin de Paris méridional. -
Thèse Fac. des Sci., Paris.

- W -

[166] WEGMANN C.E. (1955)

Les ordres de grandeur dans les phénomènes métasomatiques des roches. -
Colloque international de Pétrographie, Nancy, 4-11 Sept. 1955.

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

LES STROMATOLITES

Vu et approuvé :

Nancy, le 26 décembre 1955

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

URION

Vu

et Permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie
de Paris,

MAYER

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE NANCY

Nom du Candidat : BIGOTTE

Prénom : Georges

Date de soutenance : 7 janvier 1956

Numéro d'ordre : N° 119

BIGOTTE (Georges). -

Contribution à la géologie du Bassin du Niari. Sédimentologie et métallogénie de la région minière.

Commissariat à l'Energie atomique, Service de Documentation, 1955, 243 p., fig., 21 pl.

Th. Sc. Nat. Nancy, 1956, n°119

BIGOTTE (Georges). -

Contribution à la géologie du Bassin du Niari. Sédimentologie et métallogénie de la région minière.

Commissariat à l'Energie atomique, Service de Documentation, 1955, 243 p., fig., 21 pl.

Th. Sc. Nat. Nancy, 1956, n°119

BIGOTTE (Georges). -

Contribution à la géologie du Bassin du Niari. Sédimentologie et métallogénie de la région minière.

Commissariat à l'Energie atomique, Service de Documentation, 1955, 243 p., fig., 21 pl.

Th. Sc. Nat. Nancy, 1956, n°119

BIGOTTE (Georges). -

Contribution à la géologie du Bassin du Niari. Sédimentologie et métallogénie de la région minière.

Commissariat à l'Energie atomique, Service de Documentation, 1955, 243 p., fig., 21 pl.

Th. Sc. Nat. Nancy, 1956, n°119

PLANCHES HORS-TEXTE



- n° 2 -
La cuvette de Boko-Songo



- n° 1 -
Aspect typique du plateau des Cataractes : l'extrémité orientale du massif de N'Gouédi, vue du pic Albert. (photo A. Gangloff)



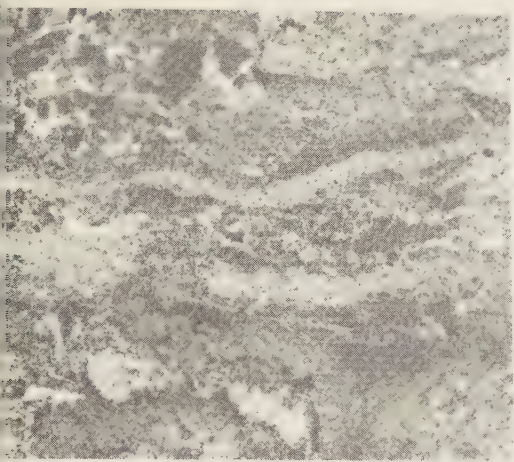
- n° 3 - Djenguilé



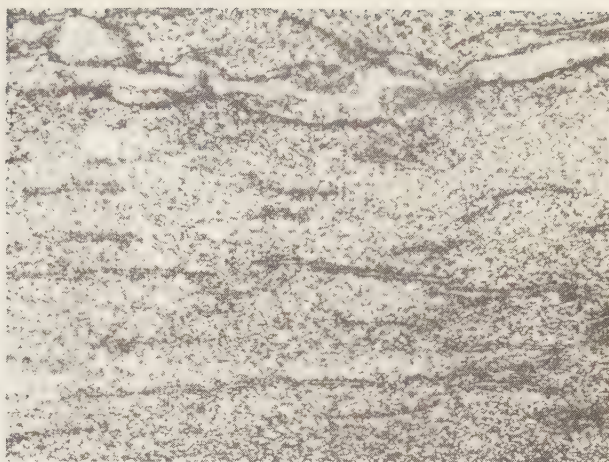
- n° 4 - Excavation indigène à la Grande-Mine



- n° 5 - Puits de Boko-Songo



- n° 6 - LN x 25



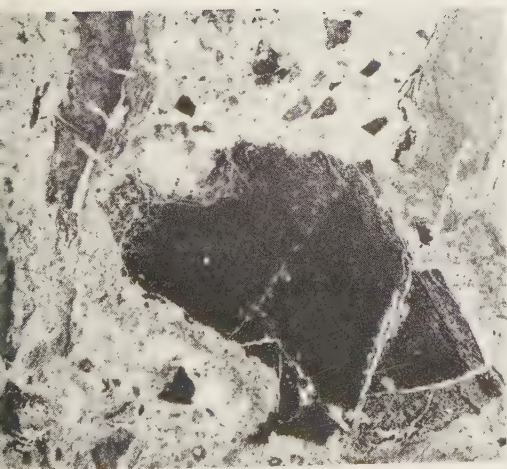
- n° 7 - LN x 10

Schiste calcaireux noduleux

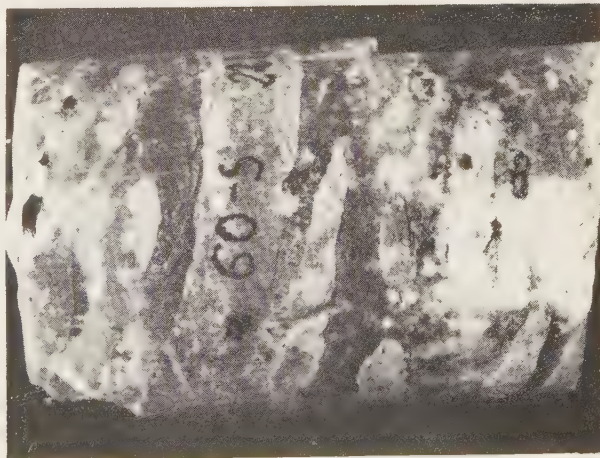


- n° 11 - LP x 60

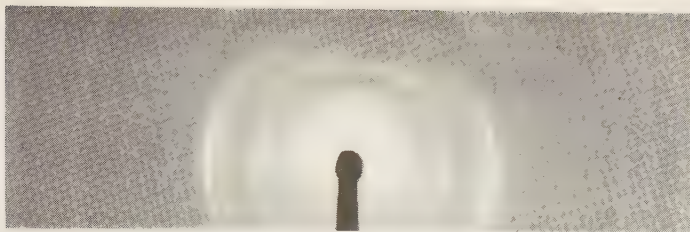
Dolomie à anhydrite et gypse



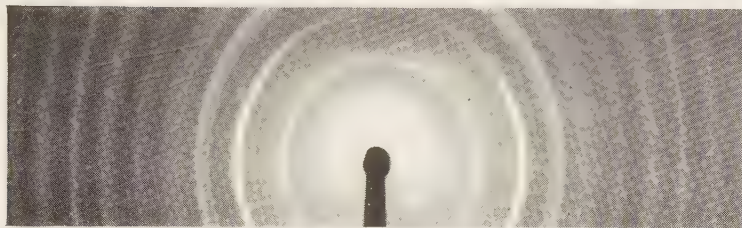
- n° 10 - LN x 7
Brèche sédimentaire



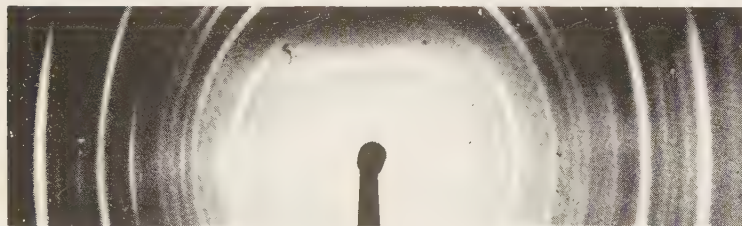
- n° 12 - LN x 1
Carotte de gypse et anhydrite



- n° 9 - Puits S. 70,70 m - Chlorite et talc



- n° 8 - Puits S. 63,60 m



- n° 8 bis - Talc de Luzenac

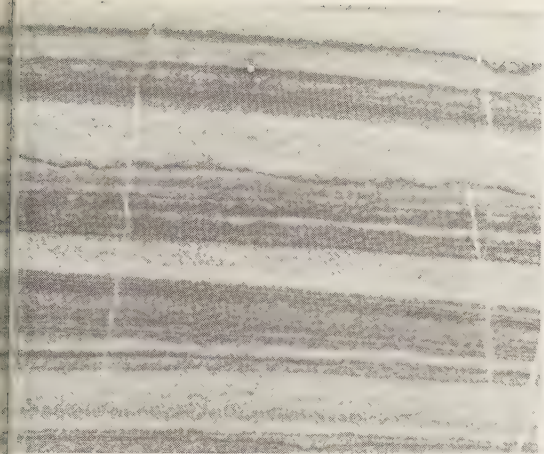


- n° 19 - Sondage 60 - 259,30 m

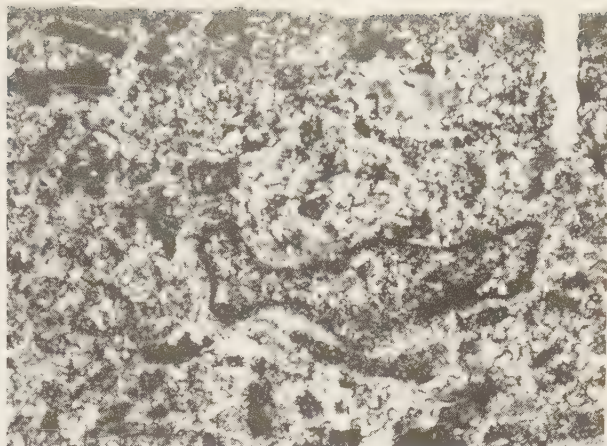


- n° 19 bis - Talc de Luzenac

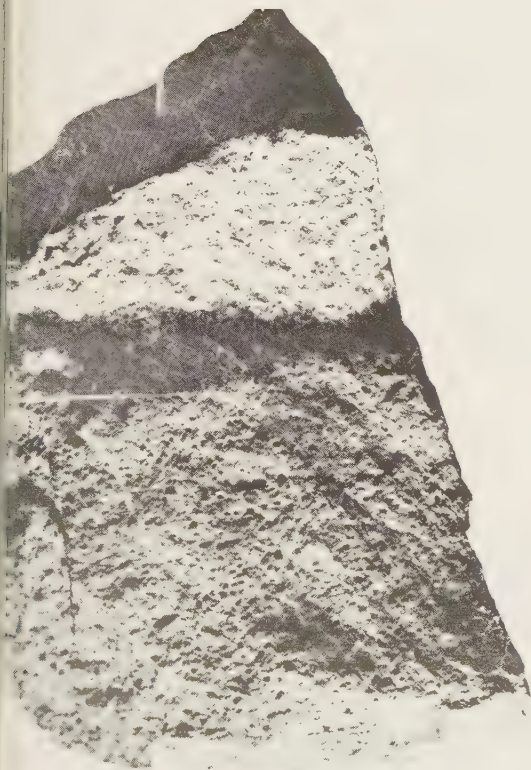
[- Spectrographie M. BONIFAS -]



- n° 14 - LN x 35
Dolomie zonée



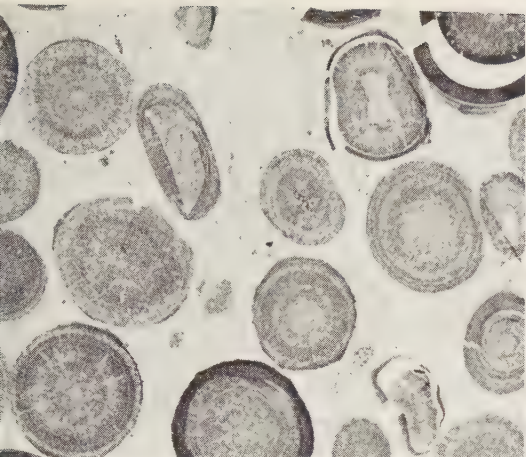
- n° 13 - LN x 30
Microbrèche alguaire



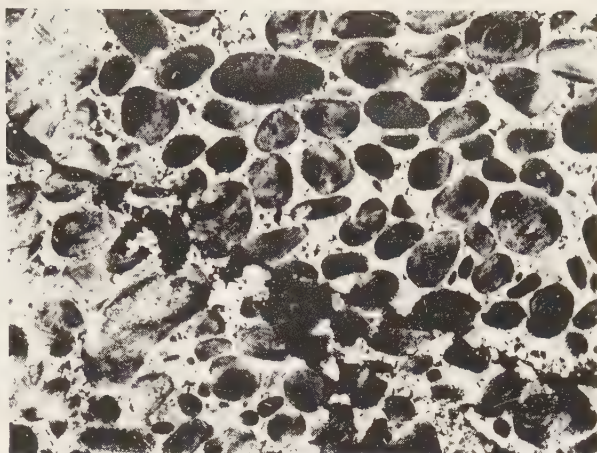
- n° 15 - LN x 0,5
Microconglomérat oolitique



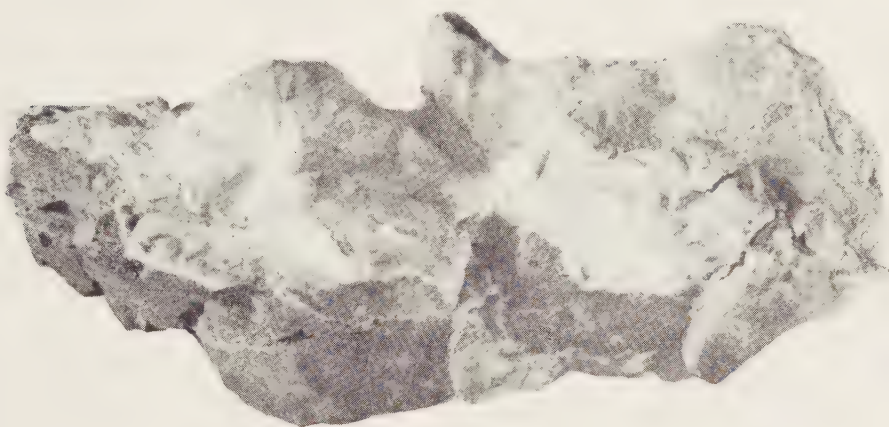
- n° 16 - LN x 45
Pisolite



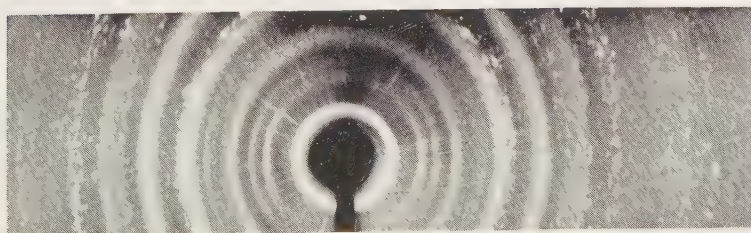
- n° 17 - LN x 10
Pisolites



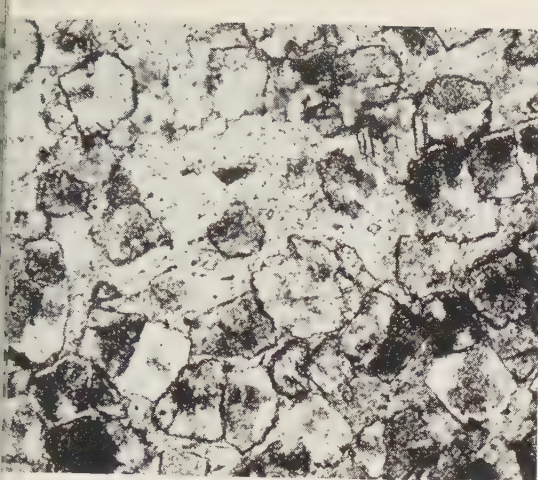
- n° 18 - LP x 35
Oolites « chloriteuses » de Kisanu



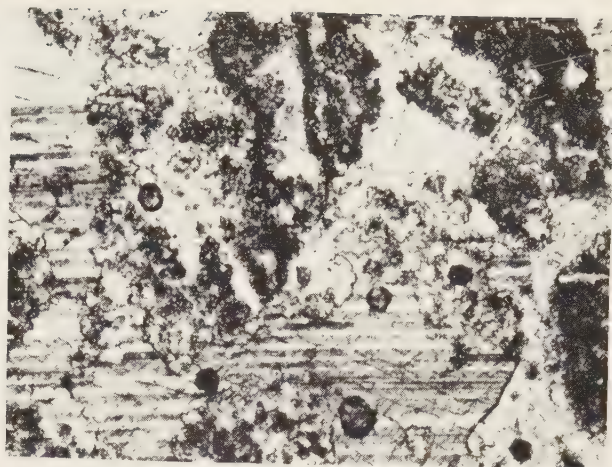
- n° 20 -
Palygorskite du puits de Boko-Songo



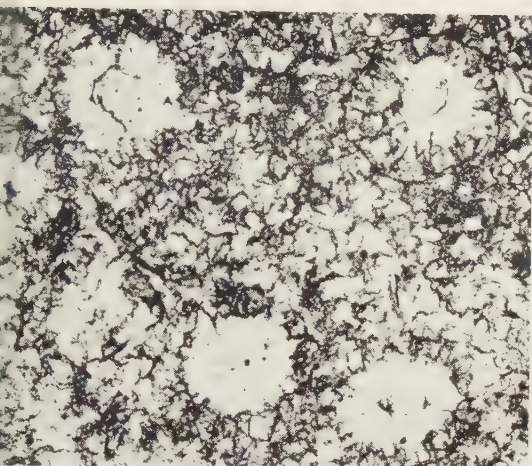
- n° 21 - Palygorskite



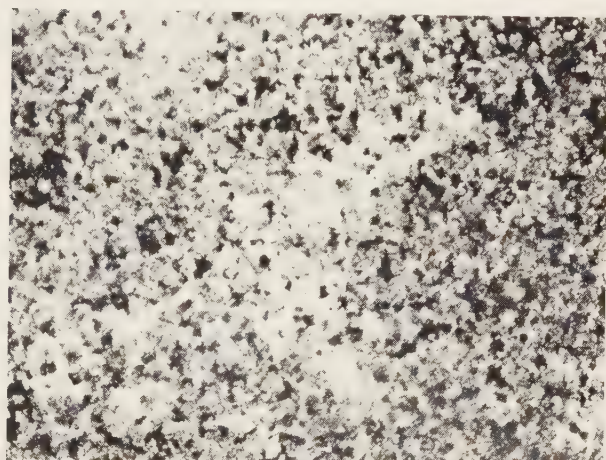
- n° 21bis - LN x 40
Dolomitisation



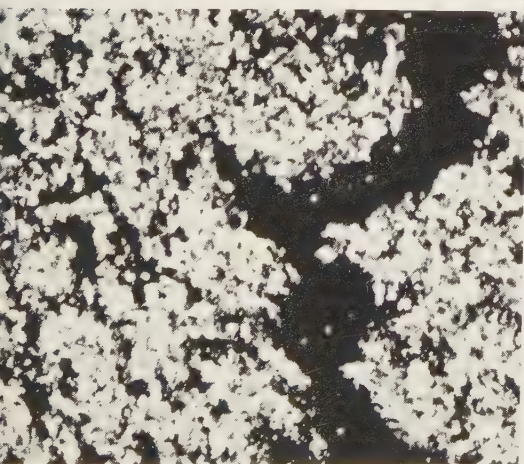
- n° 22 - LN x 35
La dolomie cryptocristalline «corrode» la calcite



- n° 23 - LN x 50
Silification des oolites



- n° 24 - LP x 50
Dolomie «sur fond» d'anhydrite



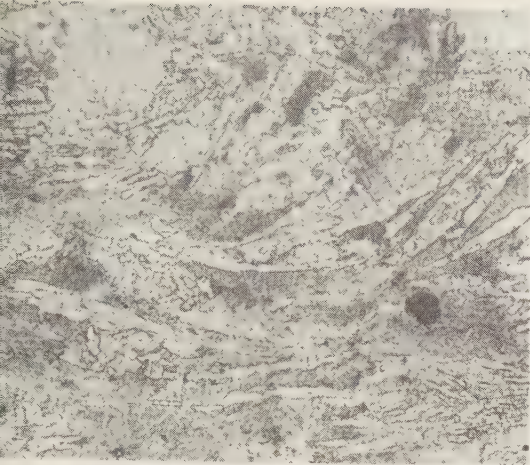
-n° 25 - LP x 30

[Nicol à 45°]

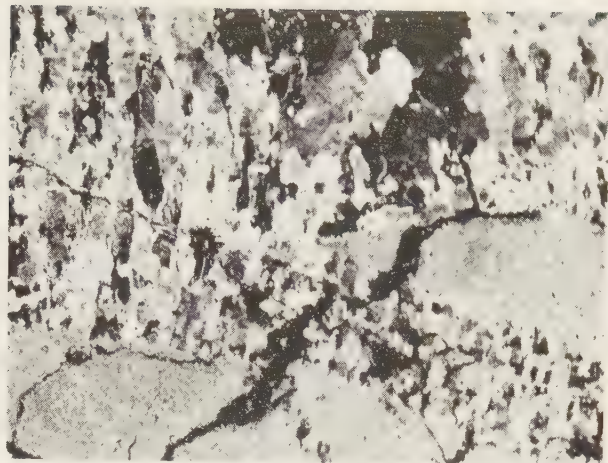


[Nicol à 0°]

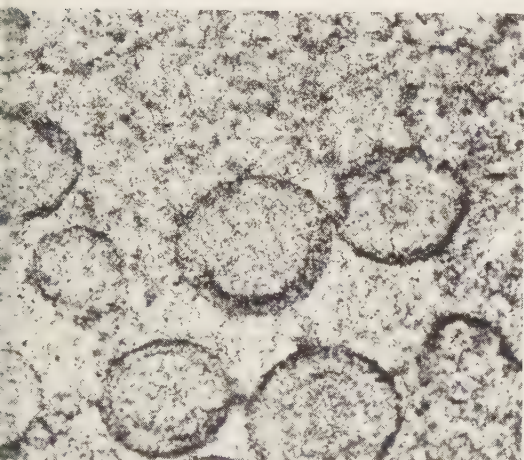
L'anhydrite interstitielle dans la dolomie a une orientation optique constante



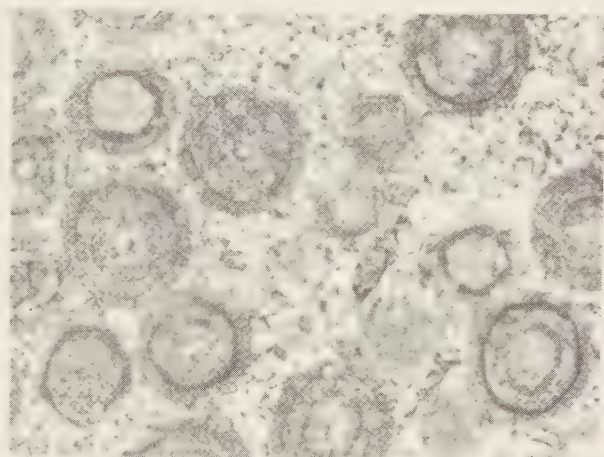
- n° 26 - LN x 50
« Exfoliation » de l'anhydrite



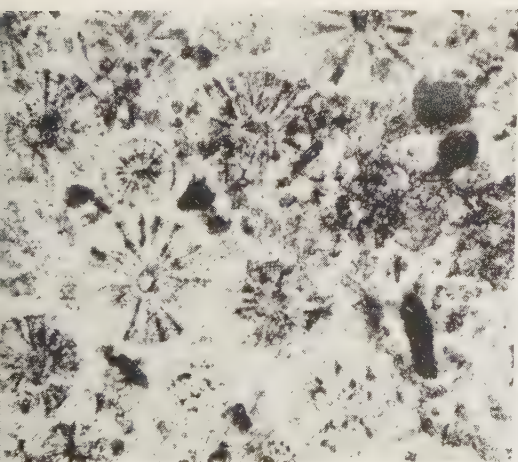
- n° 27 - LP x 20
Gypse cristallisé perpendiculairement
aux épontes d'un filonnet



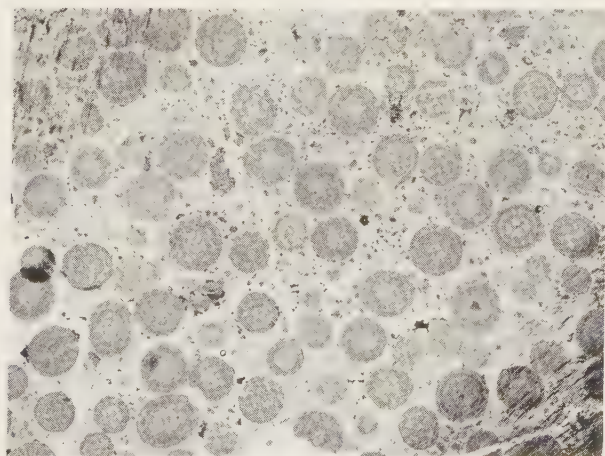
- n° 28 - LN x 18
Oxyde de fer dans le ciment des oolites



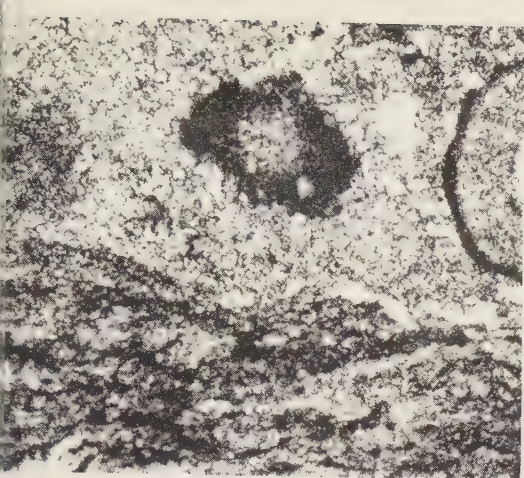
- n° 29 - LN x 35
Oolites à coques concentriques



- n° 30 - LN x 60
Oolites rayonnées

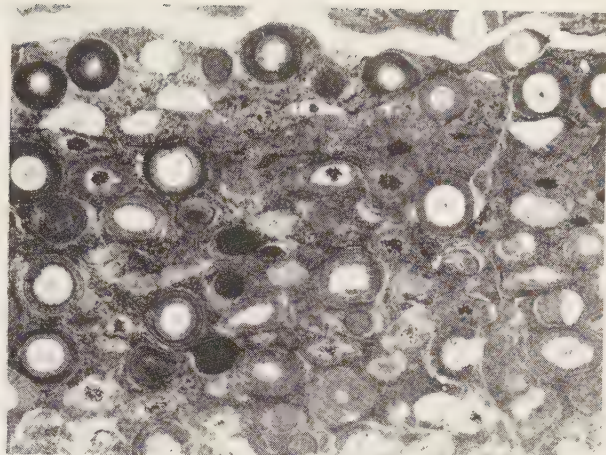


- n° 31 - LN x 5
Oolites non jointives



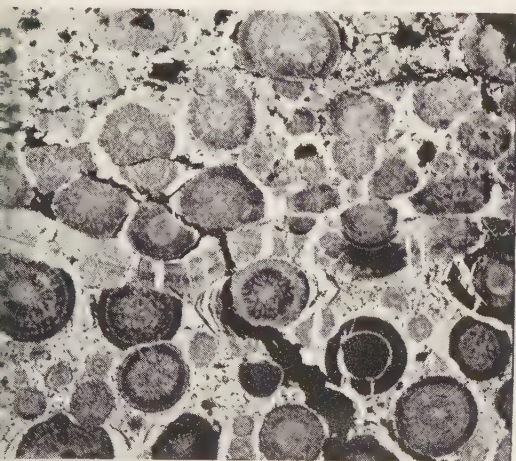
- n° 32 - LN x 35

nts algaïres dans le ciment des oolites



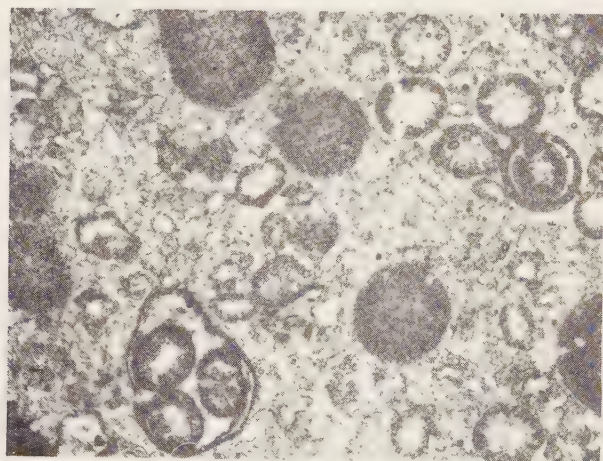
- n° 33 - LN x 5

Oolites litées



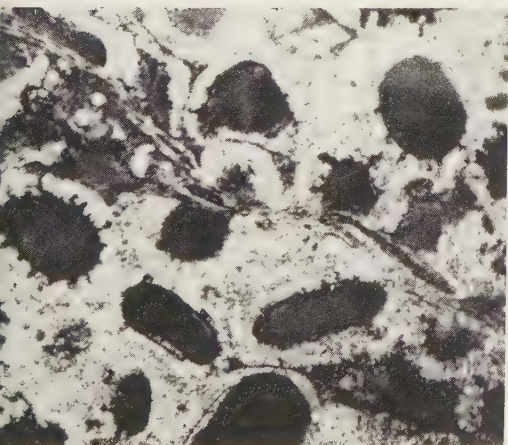
- n° 34 - LP x 20

Oolites brisées



- n° 35 - LN x 40

Oolites multiples



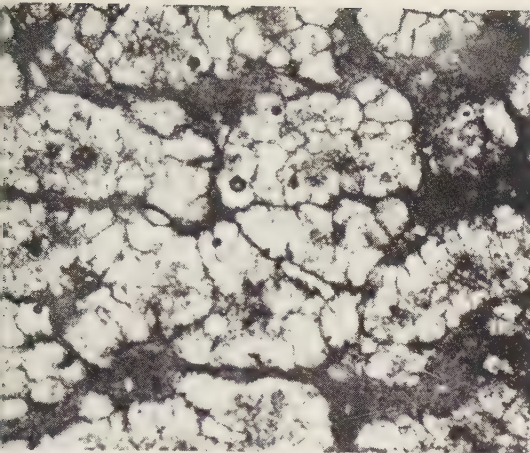
- n° 36 - LP x 35

Oolites ferrugineuses



- n° 37 - LP x 35

Forme spiralée dans un noyau et fausse croix noire
dans l'enveloppe d'oolites talqueuses



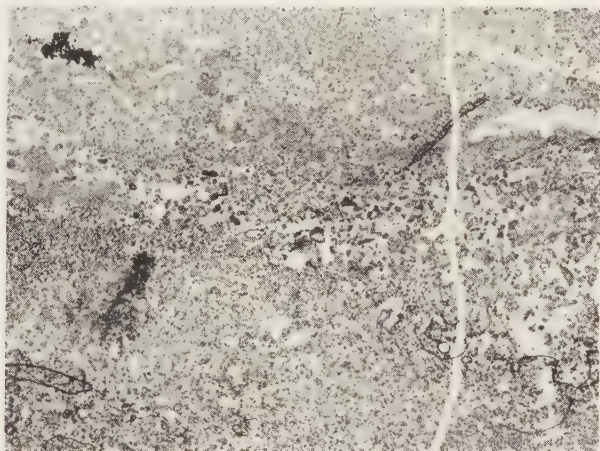
- n° 38 - LN x 35
 impuretés silicatées dans le carbonate



- n° 39 - LP x 75
 Micropoudingue talqueux

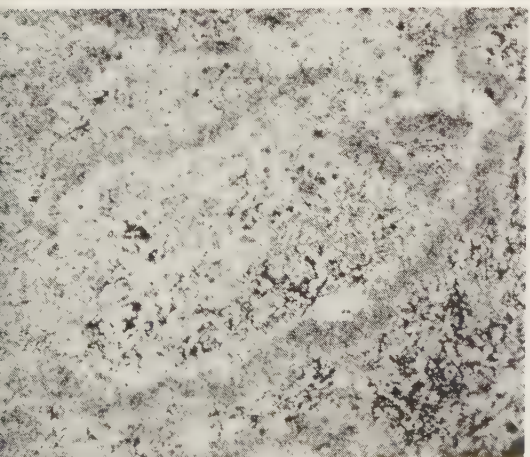


- n° 40 - LN x 50

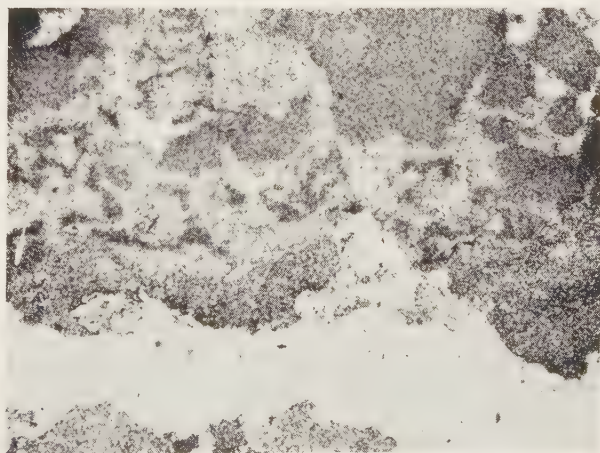


- n° 41 - LN x 10

Microstructures stromatolitiques

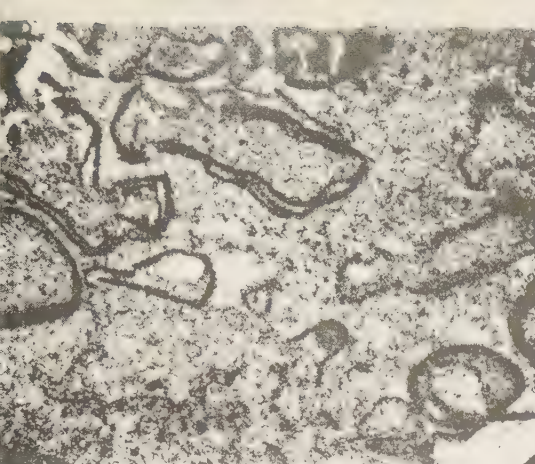


- n° 42 - LN x 15

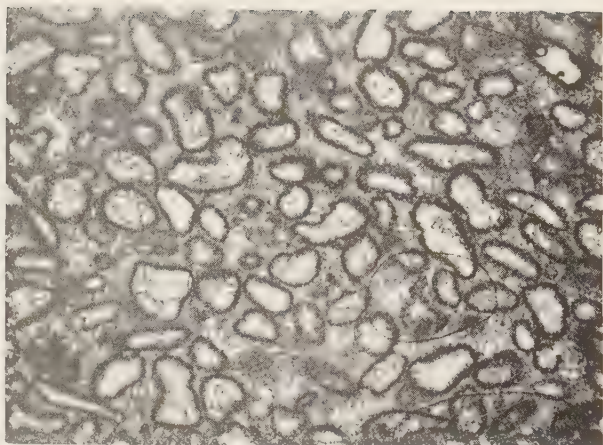


- n° 43 - LN x 30

Formes alguaies



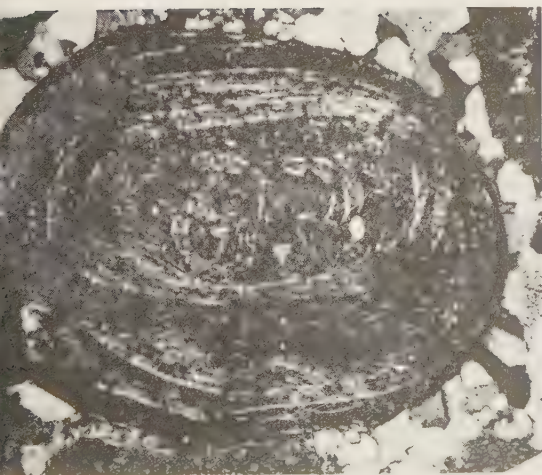
- n° 44 - LN x 30
Formes contournées algaires



- n° 45 - LN x 30
Microbrèche « miliaire »



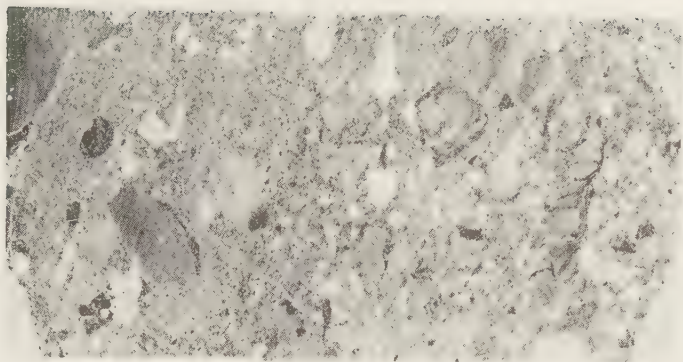
- n° 48 - LN x 5
« Serpentin » dans un stromatolite



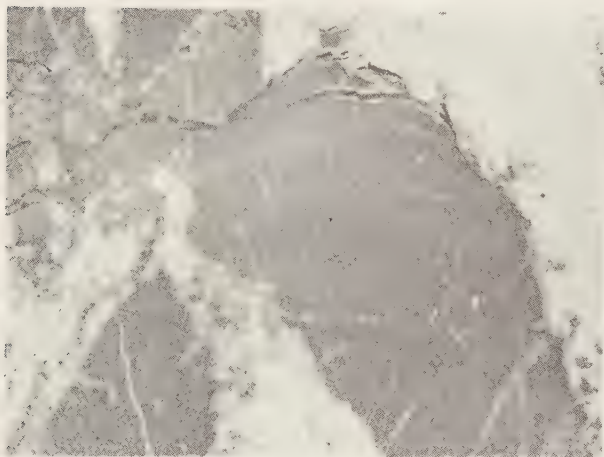
- n° 46 - LP x 75
Forme spiralée dans le noyau
d'une oolite talqueuse



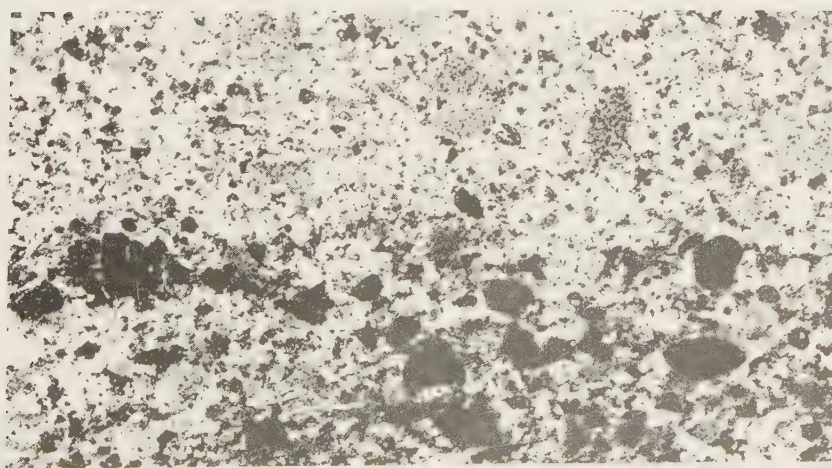
- n° 47 - LN x 30



- n° 49 - LN x 1
Brèche de base du SC III (surface polie)



- n° 51 - LN x 3
Fragment de calcaire construit SC II



- n° 50 - LP x 15
Brèche de base du SC III



- n° 52 - LN x 1
Glissement sous-aquatique (surface polie)



- n° 53 -
Pli pincé dans le SC III - La rivière N'Kenké
coule dans l'axe du pli (photo A. Gangloff).



- n° 54 -
Plis «extrusifs» dans le SC III - Mine de M'Fouati.

LEXIQUE DES ABREVIATIONS UTILISEES

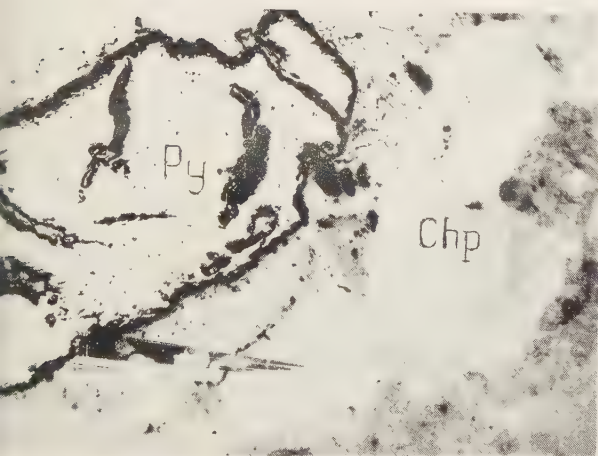
SUR LES PHOTOGRAPHIES DE MINERAI

(pl. XIV à XXI)

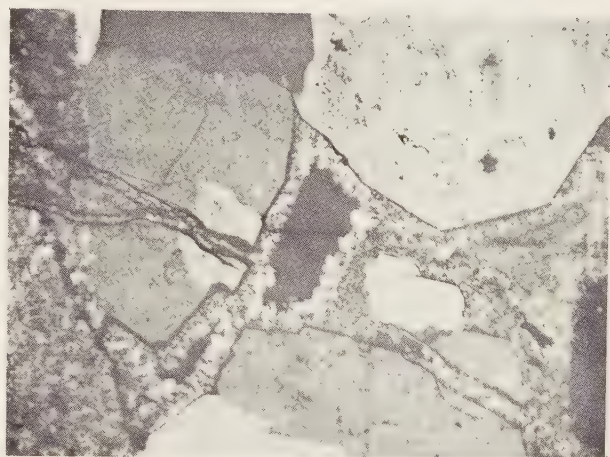
Py	Pyrite
Mi	Mispickel
Me	Melnicovite
Lo	Löllingite cobaltifère
Chp	Chalcopyrite
Cu	Cuivre gris
Bl	Blende
Ga	Galène
Bo	Bornite
Ch	Chalcocite
Ne	Néodigénite
Co	Covellite
Mc	Marcassite
Ma	Malachite
Li	Limonite
Qr	Quartz
Ca	Calcite



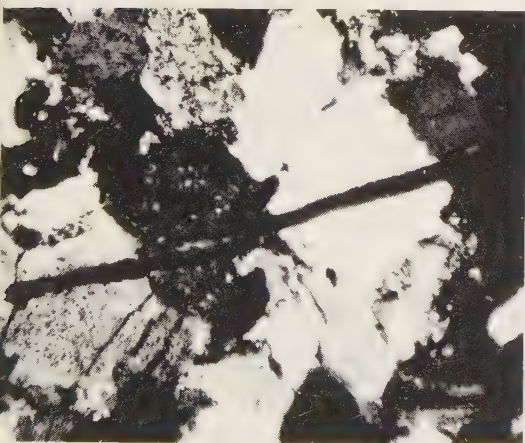
- n° 66 - LN x 1/3
Sorga - Diaclasses remplies de silice dans la dolomie.



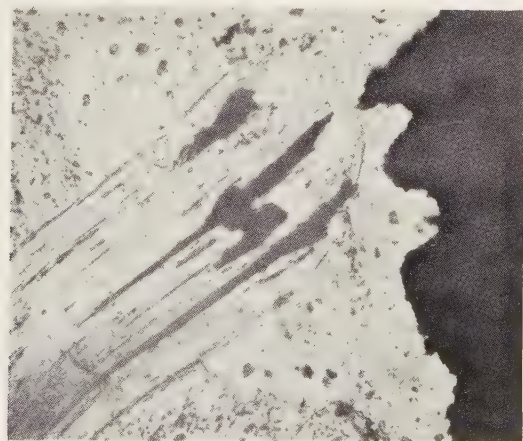
- n° 65 - LN x 130
Kimpongui : cimentation



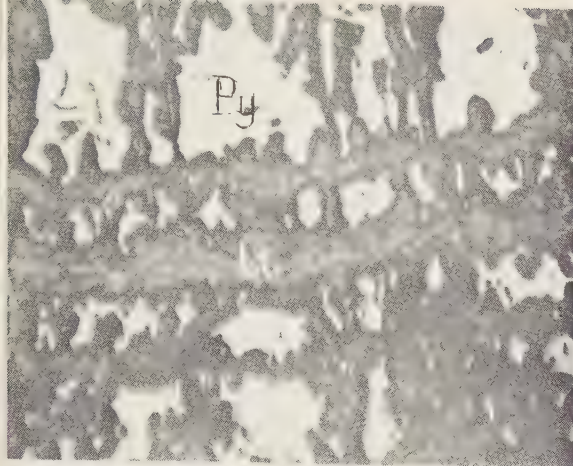
- n° 67 - LP x 50
Silicification secondaire



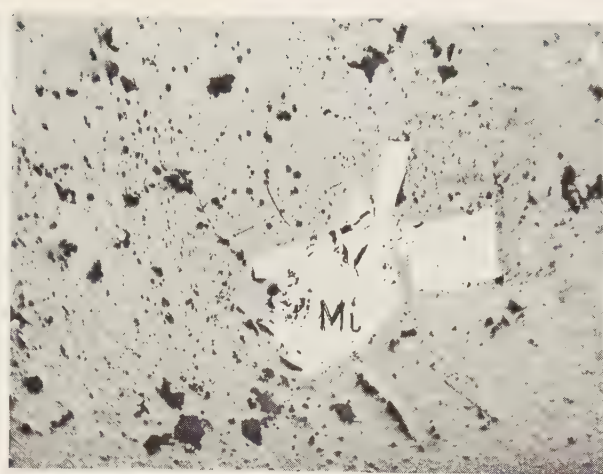
- n° 68 - LN x 100
Sulfures recoupant les cristaux du grès



- n° 69 - LN x 300
Sulfures dans un cristal de muscovite



- n° 72 - LN x 20
Grande-Mine : altération de la pyrite



- n° 70 - LN x 150
Hapilo : mispickel



- n° 73 -
La Grande-Mine : extrémité Ouest



- n° 71 -
La Grande-Mine : amas ferrugineux

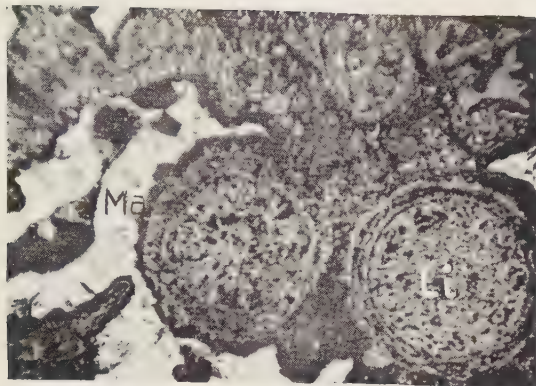


- n° 74 -

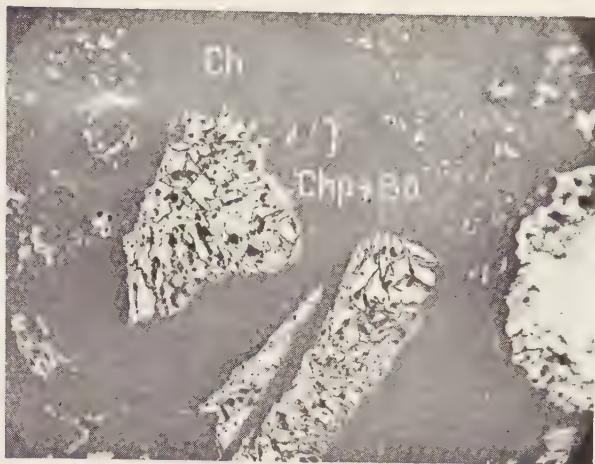


- n° 75 -

La Grande-Mine
Affleurements ferrugineux minéralisés



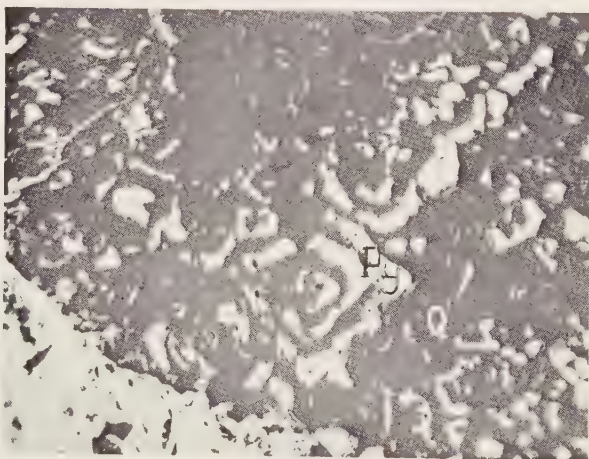
- n° 76 - LN x 30
Epigénie d'oolites en limonite



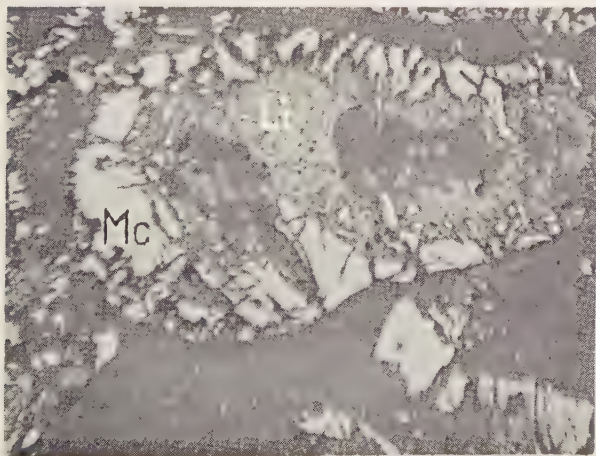
- n° 80 - LN x 100
Chalcopyrite dans les fissures de
la pyrite, noyée dans la chalcocite



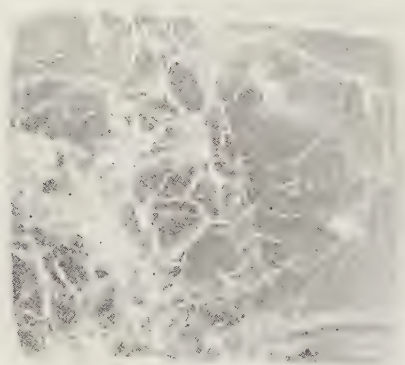
- n° 77 - LN x 100
Pyrite en «atolls» dans le quartz



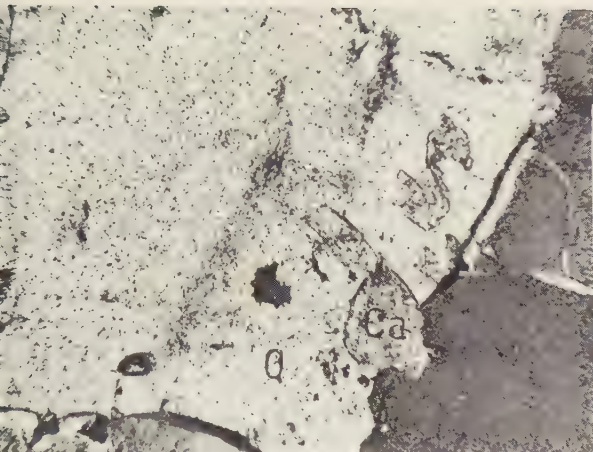
- n° 79 - LN x 100
Association poecilitique de pyrite et de quartz



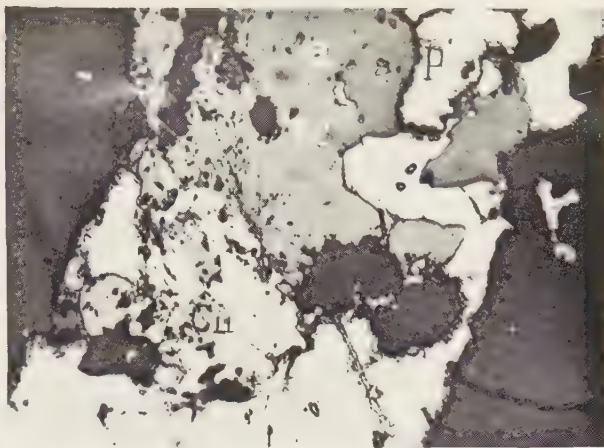
- n° 78 - LN x 100
Hématisation de la marcassite



- n° 81 - LN x 1
Filonnets de sulfures dans la dolomie



- n° 82 - LP x 200
Inclusion de carbonate dans le quartz



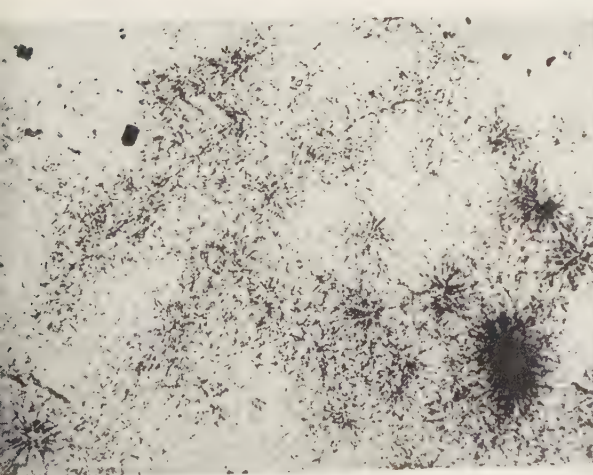
- n° 84 - LN x 150



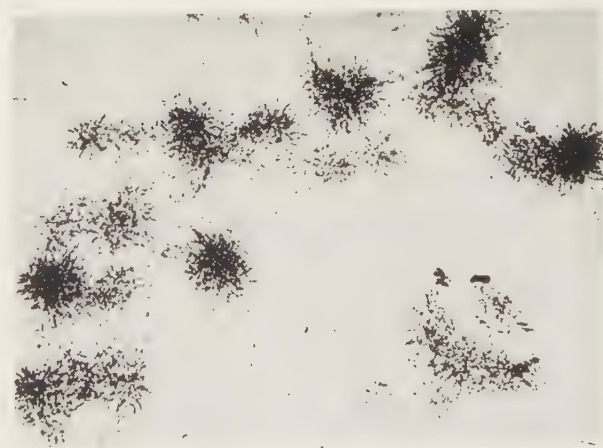
- n° 83 - LN x 100



- n° 85 - x 80
Trajectoires disséminées (peut-être U)



- n° 86 - x 80

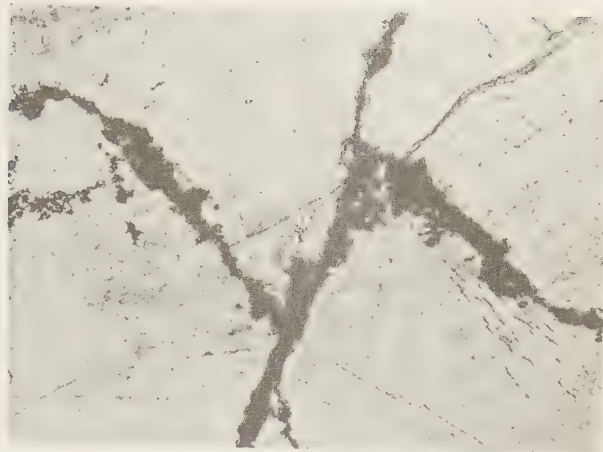


- n° 87 - x 80
Trajectoires concentrées (probablement Ra)



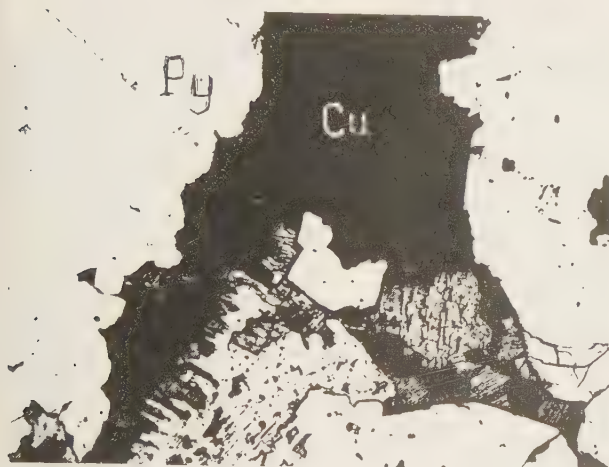
- n° 88 - LN x 3

Remplacement sélectif de lits de
dolomie siliceuse

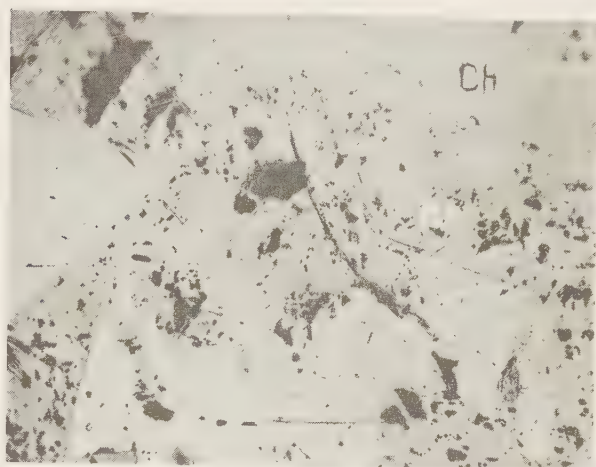


- n° 93 - LN x 10

Sulfures dans la dolomie



- n° 89 - LP x 50



- n° 90 - LN x 150

Blende à texture triangulaire



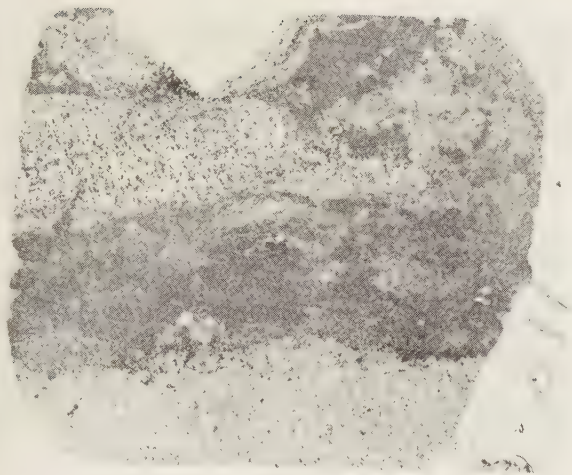
- n° 91 - LN x 100



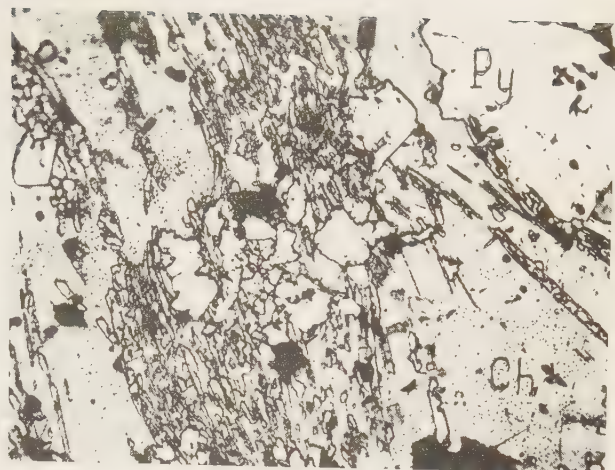
- n° 92 - LN x 100

Minéraux cobaltifères de M'Passa

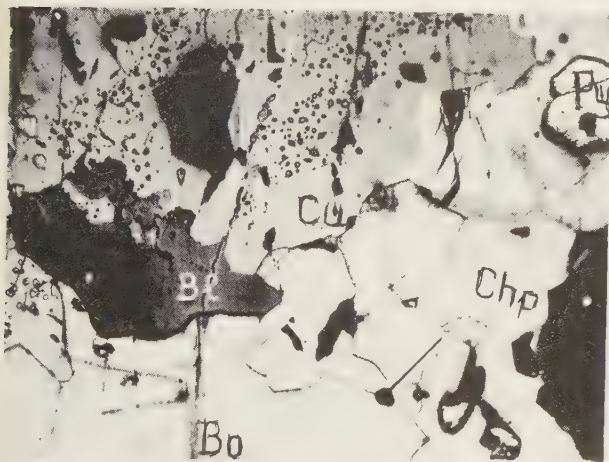
PLANCHE XVIII



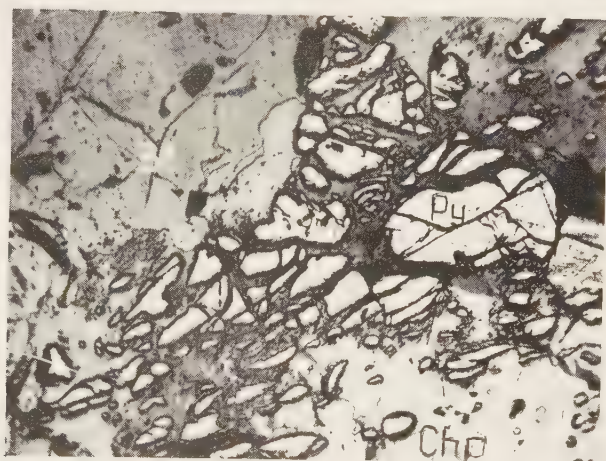
- n° 95 - LN x 1
Grès minéralisé



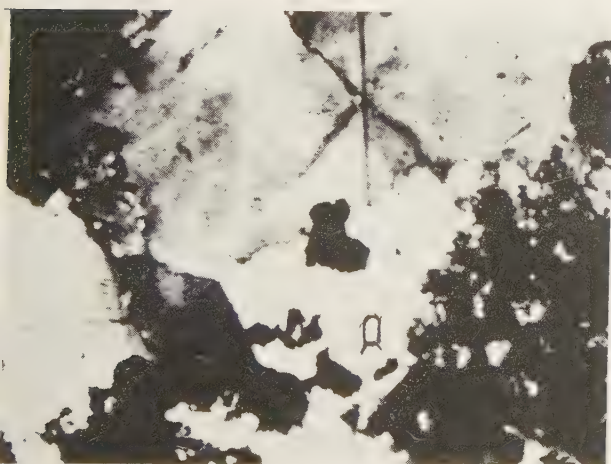
- n° 94 - LN x 50
Marcassite en paquets flexueux



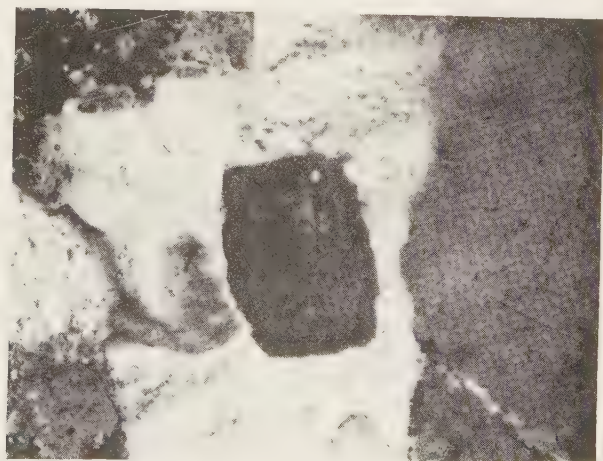
- n° 97 - LN x 50



- n° 96 - LN x 50



- n° 98 - LP x 50



- n° 99 - LP x 100

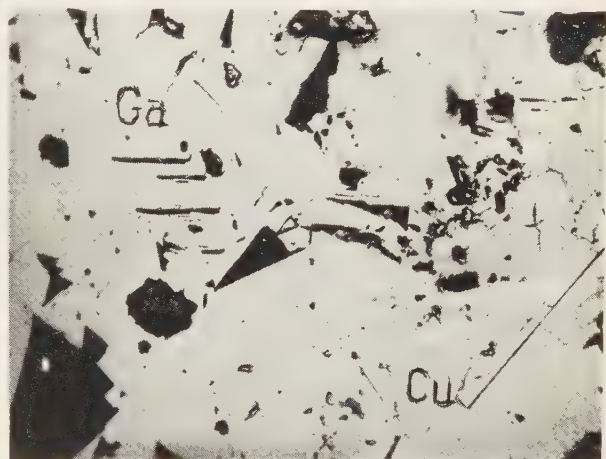
Sulfures dans le quartz du grès



- n° 100 - LN x 1/3
Diangala : grès minéralisé



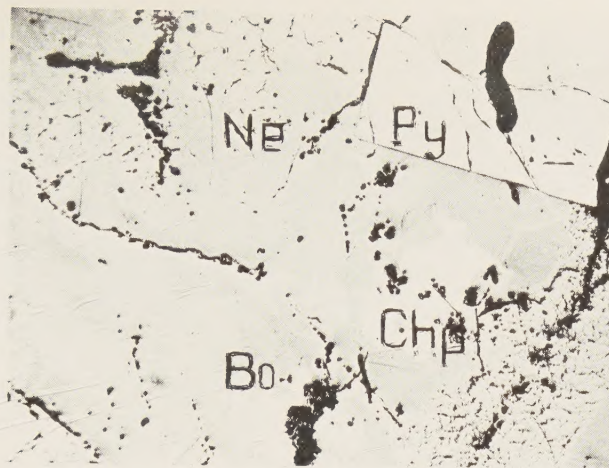
- n° 102 - LN x 150
Galène et cuivre gris



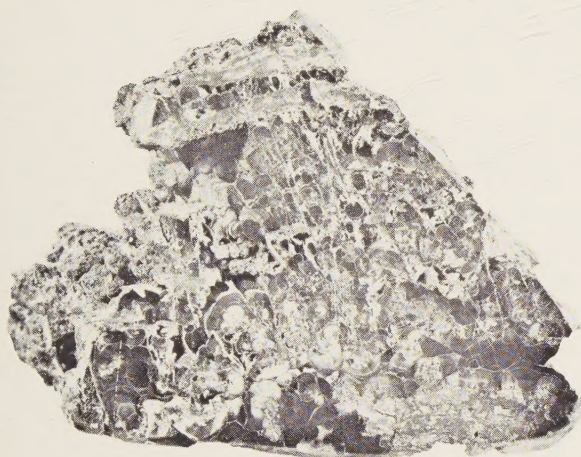
- n° 101 - LP x 150
Sulfures remplaçant le feldspath du grès



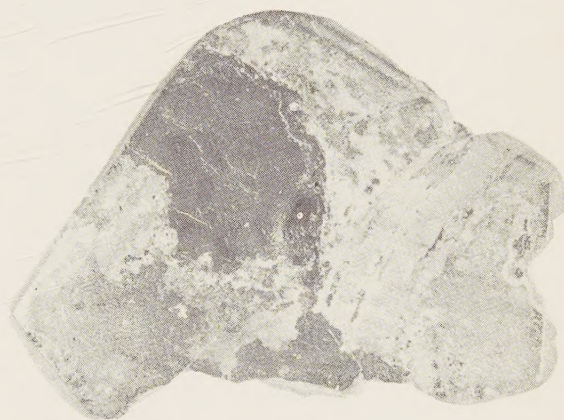
- n° 103 - LN x 1
Djenguilé : boxworks



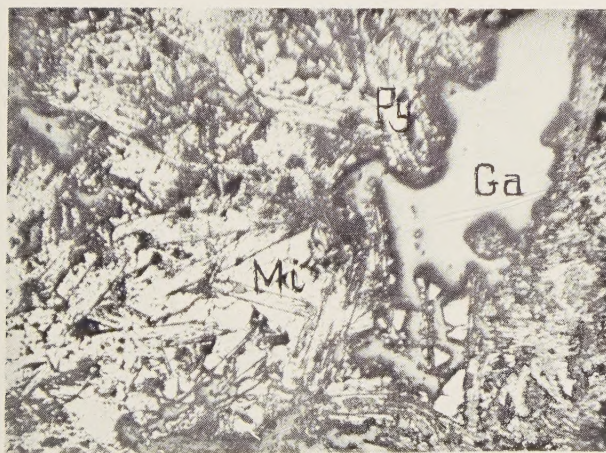
- n° 104 - LN x 150
Djenguilé : cimentation



- n° 105 - LN x 1/2
Malachite développée sur
cloisonnements siliceux



- n° 106 - LN x 1
Brèche de dolomie silicifiée
et de sulfures



- n° 107 - LP x 100



- n° 107 - LN x 100

Djenguilé : mispickel

